Gedruckt mit Unterstützung aus dem Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Materialien zur Systematik und Ökologie der Serpentinflora

II. Das Problem der »Serpentinpflanzen«. — Eine kritische ökologische Studie[1]

Von

Prof. Dr. Ludwig Lämmermayr, Graz

(Vorgelegt in der Sitzung am 13. Jänner 1927)

I. Die »Bodenstetigkeit« der Serpentinpflanzen.

Während man in der Frage der Bodenstetigkeit der Pflanzen im allgemeinen heute einen sehr reservierten, zurückhaltenden Standpunkt einnimmt, glaubt man gerade die Bodenstetigkeit einiger auf Serpentinboden wachsender kryptogamer und phanerogamer Arten noch jetzt mit großer Zähigkeit verfechten zu müssen.

A. »Serpentinfarne«.

Die beiden Farne *Asplenium cuneifolium* Viv. und *Asplenium adulterinum* Milde werden noch heute in der Literatur fast durchwegs als ausschließliches Produkt des Serpentinbodens angeführt.

---

[1] **Nachtrag zum I. Teil.** Die am 13. November 1926 aus der Druckerei gekommenen Abzüge der zweiten Korrektur des I. Teiles vorliegender Arbeit wurden von mir am 16. November 1926 mit dem Vermerke »druckreif« erledigt, beziehungsweise abgesendet. Wenige Tage darauf, am 20. November 1926 erhielt ich von Kollegen Prof. Dr. J. Nevole (Brünn) ein Separatum seiner inzwischen erschienenen Arbeit: Flora der Serpentinberge in Steiermark (Acta societatis scientiarum naturalium Moravicae, Tomus III, Fasc. 4, Signatura F. 24, Brno 1926) zugesendet, in welcher zum Teil dieselben Gebiete floristisch behandelt sind, wie im I. Teil meiner Arbeit. Da mit Rücksicht auf den bereits abgeschlossenen Druck meiner Arbeit die Ergebnisse Nevole's im I. Teil meiner Abhandlungen nicht mehr berücksichtigt werden konnten, soll dies in Kürze nunmehr hier geschehen. Vorausgeschickt sei, daß die Ergebnisse meiner Arbeit (I. und II. Teil), die der Akademie der Wissenschaften unter 533/1926 am 2. Juni 1926 präsentiert und in der Sitzung vom 8. Juli 1926 vorgelegt wurden, schon lange feststanden, bevor obige Arbeit Nevole's im Druck erschien. Ihre Veröffentlichung zog sich nur deshalb in die Länge, weil das ursprünglich eingereichte, einheitliche Manuskript, als für eine Veröffentlichung zu umfangreich, in zwei Teile zerlegt und zu diesem Zweck teilweise umgearbeitet werden mußte. In vollständiger Übereinstimmung mit Kollegen Nevole stelle ich ferner fest, daß speziell die in Frage kommenden Gebiete (Lärchkogel und Hochgrößen) von uns beiden ohne Wissen des andern begangen, beziehungsweise deren Serpentinflora vollständig unabhängig voneinander erforscht wurde. Daß sich hiebei naturgemäß eine Übereinstimmung in manchen Punkten, wie in der Florenliste und einigen daraus gezogenen Folgerungen ergab, ist selbstverständlich, beeinträchtigt aber keineswegs den Wert der einzelnen Arbeit, wie am besten aus folgender Gegenüberstellung der Ergebnisse hervorgeht: Die (natürlich keineswegs erschöpfende) Florenliste (Phanerogamen, Gefäßkryptogamen, Kryptogamen) des Lärchkogel-Serpentins weist nach Nevole und mir insgesamt 73 Arten auf; hievon werden 33 Arten nur von Nevole, 22 Arten nur von mir, 18 Arten

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

So nennt Christ (**19,** 19) beide Farne serpentinstet; in Kerner-Hansen (**69,** 101) und Schimper (**127,** 103) werden sie schlechtweg als Serpentinformen bezeichnet, auch Vierhapper (**143,** 5—6) stellt *A. cuneifolium* als »Serpentinform« dem *A. adiantum nigrum* »über nicht spezifischer Unterlage« gegenüber, Warming (**151,** 63) bezeichnet beide als Produkt des Serpentinbodens, Hegi (**51,** 27) nennt *A. adulterinum* eine Serpentinpflanze, Neger (**101,** 361) eine Serpentinform usw. Hinsichtlich *A. cuneifolium* bemerkt Ascherson-Graebner (**3,** 71—72) allerdings: »Fast ausschließlich auf Serpentin, doch auch auf Granulit bei Adolfstal (Böhmen)«, eine Ausnahme, die ja auch von Luerssen (**92,** 277—278) bereits angeführt und ebenso von Solms-Laubach (**132,** 55) und Linstow (**88,** 52) hervorgehoben wird. Dagegen gibt Ascherson-Graebner (**3,** 57—58) für *A. adulterinum* ausschließlich Serpentin als Substrat an. Bei eingehender Durchsicht der Literatur ließen sich folgende Fälle, in den *Asplenium cuneifolium* auf anderer Unterlage als Serpentin vorkommt, beziehungsweise von solcher angegeben wird, feststellen: 1. Auf Dunit bei Kraubath [im Sommergraben, nach Glowacki (**38,** 280) und Hayek (**46,** 27)]. 2. Auf Magnesit am Veitscher Magnesitberg, von mir aufgefunden und bereits früher publiziert

---

von uns gemeinsam angeführt. Vom Hochgrößen-Serpentin beschreiben Nevole und ich insgesamt 47 Arten; davon werden 18 Arten von Nevole allein, 21 von mir allein, 8 von uns gemeinsam angegeben. Unsere beiden Arbeiten ergänzen sich also, speziell in der Florenliste, aufs glücklichste und beanspruchen jede für sich — vollste Originalität. Was speziell meine Arbeit betrifft, so werden von den in der Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse (I. Teil, p. 32,33) aufgezählten 8 Punkten die Punkte 1, 4, 5, 6, 7, 8 von der Arbeit Nevole's in keinerlei Weise vorweggenommen; lediglich der Inhalt von Punkt 2 und 3 deckt sich teilweise mit den Ergebnissen Nevoles. Ebenso werden von der Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse des II. Teiles (p. 68) die Punkte 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 durch die Ergebnisse Nevole's in keiner Weise berührt, beziehungsweise angedeutet. Lediglich der Punkt 6, in dem das Fehlen der Serpentinpflanzen auf mehreren Serpentinstöcken, z. B. Steiermarks von mir mit der Eigenart des Lokalklimas in Zusammenhang gebracht wird, kommt in ähnlicher, wenn auch keineswegs völlig identischer Fassung in den Ausführungen Nevole's auf p. 73, 74, 75, 80 und 81 zum Ausdruck. Die von Nevole aus steirischen Serpentingebieten angeführten Laubmoose sind ebensowenig wie die von mir angeführten, irgendwie für Serpentin spezifisch. So die von Nevole (p. 61) in der Gulsen beobachteten Arten: *Bryum capillare typicum* Podp. [nach Breidler, (**15,** 132) ist *Bryum capillare* L. gemein von der Ebene bis in die Alpen], *Brachythecium velutinum* (L.) Br. eur. [nach Breidler (**15,** 181) verbreitet auf Erde und Gestein verschiedener Art], *Stereodon cupressiformis* = *Hypnum cupressiforme* L. [nach Breidler (**15,** 211) allgemein verbreitet], *Racomitrium canescens* (Timm.) Brid. [nach Breidler (**15,** 97) gemein bis in die Voralpen auf zersetztem Gestein verschiedener Art], *Pohlia nutans* Lindb. = *Webera nutans* (Schreb.) Hedw. [nach Breidler (**15,** 120) allgemein verbreitet].

Ebenso sind die von Nevole (p. 61) angeführten, auf Serpentin beobachteten Flechten *Physia calsia, Ph. teretiuscula, Parmelia conspersa, Lecanora dispersa* in keinerlei Weise für dieses Gestein bezeichnend. Der *Dianthus tenuifolius* Schur. vom Kraubater und Kirchdorfer Serpentin, sowie vom Magnesit des Sunk, den Hayek neuestens zu *Dianthus carthusianorum* var. *basalticus* Domin. stellt, wäre nach Nevole (p. 62, 63) mit *Dianthus carthusianorum* var. *capillifrons* Borbas identisch, die für den Lärchkogelserpentin so bezeichnende *Dianthus*-Form wird von ihm (p. 70) als *Dianthus carthusianorum* var. *alpestris* bezeichnet.

(**82**, 125—126); die Belegexemplare wurden seinerzeit von Herrn Hofrat Prof. Dr. K. Fritsch eingesehen; merkwürdigerweise hat Hayek davon weder in seiner Flora von Steiermark, noch in seiner Pflanzengeographie von Steiermark Notiz genommen. 3. Auf Granulit bei Adolfstal (siehe oben!). 4. Auf Granit »beim Wolfsbrunnenweg oberhalb Heidelberg« fand Döll (**25**, 19) eine Form, »die sich *A. Serpentini* (= *cuneifolium*) bedeutend nähert«. 5. Am Millstättersee (ohne nähere Angabe des Substrates, aber jedenfalls nicht auf Serpentin!) nach Pacher (**105**, 3). 6. Im Jura [zitiert bei Solms-Laubach (**132**, 55) wie folgt: »Da *A. cuneifolium* auch auf Granulit vorkommt und von Christ in ununterscheidbarer Form im Jura, also wohl auf Kalk, angegeben wird (var. *serpentinoides*), so dürfte am Ende der Serpentinboden an ihrer Bildung doch unschuldig sein«]. Auch Linstow (**88**, 52) führt diesen Standort an. In den ersten drei Fällen handelt es sich um ganz unzweifelhaftes echtes *A. cuneifolium*. Die Pflanze vom Granulit wird von Luerssen (**92**, 77) für echtes *A. cuneifolium* erklärt, gegenüber der Annahme Čelakovsky's, daß eine Mittelform zwischen *A. cuneifolium* und *A. adiantum nigrum* vorliege.

Die Angabe Nr. 4, auf Granit, die immerhin nicht recht sicher lautet, fand ich zwar nirgends bestätigt, aber auch nirgends widerlegt.

Es könnte meiner Ansicht nach hier möglicherweise eine Verwechslung mit *A. adiantum nigrum* var. *melaena* Heufl. oder mit *A. adiantum nigrum* var. *obtusa* vorliegen, die beide nach Luerssen (**92**, 270) an Granitfelsen des rechten Neckarufers vorkommen. Die Richtigkeit des Standortes Nr. 5 wird von Ascherson-Graebner (3, 71—72) stark bezweifelt, wie aus der dortigen Textierung: »Angeblich am Millstättersee« hervorgeht; da aber nach Pacher (l. c.) am Standort auch *A. adiantum nigrum* wächst, wäre, falls nicht eine Verwechslung mit letzterem vorliegt, das Vorkommen von *A. cuneifolium*, und zwar auf Magnesit, der in der Nähe, bei Radenthein, auftritt, immerhin denkbar. Zur Aufklärung des Standortes Nr. 6 wendete ich mich an Herrn Prof. Dr. E. Rübel, Zürich, der die besondere Güte hatte, mir brieflich eine Kopie des Originaltextes von Christ einzusenden, welcher lautet: »Besondere Erwähnung verdient eine Pflanze des Jurarandes, die ich als subvar. *serpentinoides* Christ (der var. *obtusum* Milde) bezeichne; hier steigert sich die Ähnlichkeit mit *Asplenium cuneifolium* Viv = (*A. Serpentini* Tausch, Flora 1839, 22. und 27.) zu einem solchen Grade, daß, wenn die Pflanze aus einem Serpentingebiet stammen würde, wir sie ohneweiters dieser Subspezies zuweisen würden« (Christ, Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz, Bd. 1, H. 2, 1900, p. 71). Das wirkliche *A. Serpentini*, beziehungsweise *cuneifolium*, war, wie Rübel in seinem Begleitschreiben hinzufügt, damals für die Schweiz noch nicht nachgewiesen und wurde erst 1916 für dieses Land neu entdeckt. Es handelt sich also bei Christ gar nicht um *A. cuneifolium*, sondern um eine dem *A. adiantum nigrum* var. *obtusa* Milde [das aus Schlesien von Serpentin bekannt ist, vgl. Luerssen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

(**92,** 271)] nahestehende Form. *Asplenium adulterinum* wird, außer auf Serpentin, noch von folgenden Substraten angegeben: 1. Dunit [vgl. Luerssen (**91,** CCLIII), im Tanzmeistergraben bei Kraubath; möglicherweise kommt, wie bei *A. cuneifolium* u. a. Arten hier auch Olivin in Betracht]. 2. Magnesit, bei Oberdorf in Tragöß, nach Hayek (**46,** 20), wogegen es auf dem gleichen Gestein bei St. Ehrhard in der Breitenau nach meinen Beobachtungen (**82,** 126) nicht vorkommt. Eine eingehende Durchforschung der zahlreichen Magnesitlager Steiermarks und Kärntens daraufhin behalte ich mir vor. 3. Im Walde um die »Klackalm« nächst St. Johann in den Rottenmanner Tauern [ohne Angabe des Substrates, zitiert von Luerssen (**91,** CCLIII), nach Heimerl (**52,** 101) »mit *Asplenium trichomanes* und *A. septentrionale* ohne *A. viride*«. Die »Klackalm«, richtig »Klacklalm«, liegt nach der Spezialkarte am Südostfuß des Bruderkogels und wäre dort, wo allerdings Urgestein vorherrscht, nach Heritsch (mündliche Mitteilung) das lokale Vorkommen von Serpentin immerhin möglich. Übrigens spricht das Originalzitat Heimerl's nur von *Asplenium rhaeticum* (L.) »im Walde um die Klacklalm nächst St. Johann, zirka 1500 *m*« (= *Athyrium alpestre* (Hoppe) Nyl. = *Asplenium alpestre* Mett.). Der Zusatz Luerssen's »*Asplenium adulterinum* Milde, ebenda mit *A. trichomanes* und *A. septentrionale*, doch ohne *A. viride*« dürfte auf handschriftliche Mitteilungen Krašan's an Luerssen zurückgehen. Doch findet sich dafür nirgends eine spätere Bestätigung und auch im Zettelkatalog der steirischen Flora, der von Krašan angelegt und im Grazer Institut für systematische Botanik erliegt, ist bei *A. adulterinum* kein Hinweis auf diesen Standort enthalten. Nach meiner Ansicht, gestützt auf das übrige Vorkommen, ist auch in dieser Höhenlage (1500 *m*) *A. adulterinum* schwerlich zu erwarten. Dafür enthält obiger Zettelkatalog aber unter Nr. 10 (*Asplenium viride*) die Notiz: *A. adulterinum* Milde: Traföß (Preißmann) auf Serpentin, Übelbach (Wälder) F. Müllner. Letzterer Standort wurde von Hayek in seine Flora von Steiermark aber nicht aufgenommen und erscheint auch anderweitig nirgends bestätigt. 4. Auf Sandstein im Kirnitzschtal bei Schandau [Krieger (**78,** 253—254) »stimmt gut mit der Diagnose *A. adulterinum*«]. 5. Auf Granit am Schloßberg von Dohna [Krieger (l. c.), »eher zu *A. trichomanes* neigend, da bei ihr die Stellung der Fiedern keine so ausgeprägt zur Spindel senkrechte war, wie bei jener auf Sandstein«]. 6. Auf Kalk bei Kunstava in Oberungarn [dieses von Freyn angegebene Vorkommen wird von Sadebeck (**124,** 425) dahin berichtigt, daß es sich um *A. viride* handelt]. 7 Auf Kalk am Ebersdorfer Kalkberg [diese von W Roth (Bericht über das Florengebiet des Eulengebirges, Glatz 1875) gebrachte Angabe bedarf nach Sadebeck (**125,** 31) der weiteren Bestätigung, da eine Verwechslung mit jungem *A. trichomanes* nicht ganz ausgeschlossen ist]. 8. An einer Mauer zwischen Raibl und Tarvis (»mit etwa ein Drittel der Wedelspindel gegen die Spitze zu grün, unter den Eltern, *A. trichomanes* sehr nahe stehend«, nach

Pacher (**105**, 4) [Ascherson-Graebner (**3**, 58) bezeichnet diese Angabe als wenig glaubwürdig, um so weniger, als der Beobachter seine Pflanze als hybrid und *A. trichomanes* nahestehend bezeichnet und, nach Fritsch, wohl eine Täuschung durch noch nicht ganz ausgewachsene Wedel von *A. trichomanes* vorliege].

B. Serpentin-Blütenpflanzen.

Ähnlich wie bei den »Serpentinfarnen« liegen die Verhältnisse bei jenen Blütenpflanzen, die ausschließlich oder vorwiegend von Serpentin angegeben werden. Christ (**19**, 20) zwar negiert solche überhaupt, indem er sagt: »Eine phanerogame Serpentinflorula ist nicht bekannt«. Immerhin soll aber auf das Verhalten einiger Arten hier näher eingegangen werden.

Sempervivum Pittonii kommt, wie schon im ersten Teil erwähnt, in Steiermark nicht nur auf Serpentin, sondern auch auf Dunit und Magnesit vor. *Dianthus tenuifolius* Schur. [das Hayek (**50**, 28) neuestens zu *Dianthus Carthusianorum* var. *basalticus* Domin. stellt] ist außer von Serpentin auch von Dunit [im Tanzmeistergraben, vgl. Hayek (**46**, 329), von Pinolit (d. i. ein Gemenge von Magnesit und graphitischem Tonschiefer) [vgl. Hayek (**46**, 329)] sowie von Kalk [vgl. Preißmann (**112**, 103)] und Basalt in Böhmen [vgl. Hayek (**50**, 28)] bekannt. *Zwackhia Sendtneri* = *Halacsya aurea* Dörfl wird von Linstow (**88**, 52) als eine Pflanze bezeichnet, die an ihren Standorten in Bosnien, nach Maly, fast durchwegs an Serpentin gebunden zu sein scheint. Der Originaltext von Maly (**94**, 674—675) sagt, daß dies zwar auch für Serbien im allgemeinen gelte, doch komme die Pflanze beim Berge Odvracénia nächst Mokragora auch auf Mergel und in Albanien, im Distrikt Skutari bei Renci, auch auf Diorit vor. *Fumana Bonapartei* Maire et Petitmengin wurde von Janchen (**64**, 167) bei Skutari ausschließlich auf Serpentin beobachtet; derselbe Autor sagt aber (**63**, 28), daß die Pflanze zwar in Serbien und Nordalbanien nach Košanin, in Ostbosnien nach Maly, in Mazedonien nach Bornmüller ebenfalls nur auf Serpentin gefunden wurde, von Maire und Petitmengin aber auch von Schiefer angegeben wird. Janchen meint trotzdem, daß man es hier wahrscheinlich zumindest mit einer kalkfeindlichen, wenn nicht gar mit einer ausgesprochenen Serpentinpflanze zu tun habe. Die Angabe von Čurčič, derzufolge sie auch in Montenegro, im Durmitor(Dormitor?)gebirge bei 1727 *m*, auf Kalk (?) vorkomme, zieht er in Zweifel. Bezüglich *Linaria concolor* Grisb. var. *rubioides* (Vis. et Panc.) bemerkt Fritsch (**35**, 277—278), daß Maly zwar der Ansicht ist, diese Varietät sei in Ostbosnien an Serpentin gebunden, daß aber der Standort »Juha gora« bei Visegrad (800—900 *m*) sich nach Schiller wohl auf Schiefer beziehen dürfte!

Alyssum montanum b. Preißmanni (Hay.) Baumg., das auf Serpentin bei Kraubath und Kirchdorf vorkommt, wird von Hayek (**46**, 508) außerdem im Murtal von Kraubath aufwärts bis Pöls, zwischen Haberling, Frauenburg und Unzmarkt, also nicht von

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Serpentin (!), angeführt, und Baumgartner, der (**4,** 30) gleich Hayek (**50,** 28) die Pflanze mit *Alyssum montanum f. autumnale* Wirtg. vom Böckelstein im Nahetal (auf Porphyr) identifiziert, meint, daß die ihr eigene Fähigkeit, sehr spät noch Blüten anzulegen (die dem *A. eumontanum* zu fehlen scheint), höchst wahrscheinlich auf Substratwirkung, hervorgerufen durch Serpentin, Porphyr, Trachyt und Grauwacke zurückgehe, wobei allerdings der Einfluß dieser Gesteine erst durch Kulturversuche bewiesen werden müßte. (Der Porphyr des Nahetals ist, nach Mitteilung von Prof. Dr. Heritsch, wohl Quarzporphyr!)

Armeria elongata ist, wie schon Hayek (**50,** 28) bemerkt, eine typische Sandpflanze, die aber, nach seiner Angabe (l. c.) in Steiermark nur auf Serpentin bei Kraubath vorkommt. Dazu ist zu bemerken, daß sie, nach Preißmann (**111,** 263), auch im Tanzmeistergraben, also auf Dunit, wächst, und von mir (**84,** 211) bereits vor längerer Zeit auch auf den Alluvionen des Lobmingbaches bei seiner Mündung nächst St. Stephan, also dort jedenfalls nicht auf anstehendem Serpentin, nachgewiesen wurde! (Ich gebe natürlich zu, daß die Pflanze hieher möglicherweise durch Herabschwemmung ihrer Samen aus dem Dunitgebiet des rechten Murufers, also sekundär, gelangt sein kann.) *Silene Antelopum* Vest. [nach Hayek (**46,** 337) = *Silene bosniaca* (Beck.) Hand.-Mazz. = *Silene inflata* var. *glauca* Preißmann] kommt nach Freyn (**33,** 225) im Wintergraben »auf Serpentin und Chromeisenstein« (richtiger gesagt, wohl auf Dunit!), nach Hayek (l. c.) auf Serpentin sowie in den Zentralalpen und auf Kalk vor. *Thlaspi goesingense* wird zwar von Hayek (**46,** 541) aus Steiermark nur von Serpentin angegeben, aber von demselben Autor (**49,** 20) zu den Arten gerechnet, die zwar gerne, aber nicht ausschließlich auf diesem Gestein auftreten. Haláczy (**42,** 173) fand es bei Gösing in Niederösterreich auf Kalk! *Thymus lanuginosus* × *praecox* Hay. = *Th. Ortmannianus* Op., wird von Hayek (**47,** 289—290) nur vom Kraubather Serpentin angeführt, kommt aber nach demselben Autor (**50,** 63) auch im Murwinkel des Lungau, dort nicht auf Serpentin, vor. *Thymus lanuginosus* Mill. β *Kosteletzkyanus* (Opiz) H. Br, von Hayek (**47,** 287—288) ebenfalls nur vom Kraubather Serpentin genannt, kommt nach Braun (Systematische Übersicht und Verbreitung der Gattung *Thymus* in Niederösterreich. Ö. b. Zeitschr. 1889, p. 187) bei Baden auch auf Kalk vor. *Thymus praecox* β *spathulathus*, nach Hayek (**47,** 290—291) auf Serpentin in der Gulsen und bei Kirchdorf, dürfte nach demselben Autor (**50,** 29) aber, ebenso, wie voriger, auch auf Kalk zu finden sein und kommt, nach Braun (**8,** 346) auch auf Schiefer vor. *Sempervivum hirtum* β *Hillebrandtii* (Schott.) Hay., von Hayek als Serpentinform des *S. hirtum* aufgefaßt, wird von ihm (**46,** 693) von der Gulsen und vom Wintergraben, also in ersterem Fall von Serpentin, in letzterem von Dunit angegeben.

Die sogenannte Serpentinstetigkeit ist also wohl bei allen Arten und Formen von Farn- und Blütenpflanzen, für welche dieselbe

bisher behauptet wurde, höchstens eine lokale und in diesem Sinne fasse ich auch folgende Angaben auf, welche Formen oder Arten betreffen, die vorläufig allerdings, wie es scheint, nur auf Serpentin gefunden wurden, bezüglich welcher aber noch abzuwarten bleibt, ob sie nicht doch gelegentlich auch auf anderem Substrat angetroffen werden.

Es sind dies: *Solanum rupestre* m. n. sp. [nach Waisbecker (**146**, 143) auf Serpentin bei Redlschlag, 700 bis 750 *m*, »wahrscheinlich ein Erzeugnis dieser Bodenart«], *Potentilla Serpentini* Bórb. [nach Hayek (**46**, 855) auf Serpentin bei Bernstein, nach demselben Autor (**49**, 20) bisher nur auf diesem Gestein beobachtet; Ascherson-Graebner, Synopsis (VI/1, 796), sagt hierüber: *P. Serpentini* Bórba's [*Potentilla villosa* A. I. 4. *Serpentini* A. u. G. Syn. VI. 796 (1904) auf Serpentin im Eisenburger Komitat vertritt *P. villosa* A. I. 2. *saxatilis* (die in den Vogesen auf Serpentin vorkommt) und *P. villosa* A. I. 3. *Jurana* (Schweiz und Vogesen) im südöstlichen Gebiet und steht nach Th. Wolf der *saxatilis* nahe]; *Sedum Serpentini* nov. sp. [nach Janchen (**64**, 173) auf Serpentin bei Skutari, »dem *Sedum athoum* DC. am nächsten stehend und vielleicht eine Varietät desselben«], *Satureia montana* L. var. *serpentinica* nova var. [nach Janchen (**64**, 205) auf Serpentin mit voriger, »eine dunkelblütige, violettrote Rasse der *S. montana* L., welch' letztere auf den dortigen Kalkbergen immer fast weiß blüht«], *Alyssum transsilvanicum* β *serpentinicum* Baumg. = *A. transsilvanicum forma* nova *serpentinicum* [wird von Hayek (**46**, 508) nur von Serpentin bei Kirchdorf und Traföß angegeben und Baumgartner (**5**, 20—21) führt auch hier die Hinausschiebung der Blütezeit, gegenüber *A. transsilvanicum*, auf die Substratwirkung des Serpentins zurück]. Bezüglich der von Linstow (**88**, 52) als nur auf Serpentin wachsend angegebenen *Erica vagans* (einer typisch atlantischen Art) fragte ich brieflich beim Autor um Bekanntgabe der Quelle an; leider war ihm dieselbe nicht mehr erinnerlich.

Jedenfalls wird man sich mit der Tatsache abzufinden haben, daß »Serpentinpflanzen« (Arten und Formen) außer auf Serpentin auch auf einer ganzen Reihe anderer Gesteine, wie Dunit, (Olivin), Magnesit, Granulit, Granit, Sandstein, Kalk, Mergel, Diorit, Porphyr, Trachyt, Grauwacke, Basalt fallweise beobachtet wurden, beziehungsweise von verschiedenen Autoren eben diese Gesteine für das Auftreten der Serpentinformen mehr oder weniger in gleicher Weise verantwortlich gemacht werden. Und da muß, angesichts der recht heterogenen chemischen Zusammensetzung dieser verschiedenen Substratarten, es wohl von vornherein recht aussichtslos erscheinen, anzunehmen, daß die formative Wirkung in allen Fällen ausschließlich auf den gleichen Nährstoff, die Magnesia, zurückgehe, deren Menge ja in den genannten Gesteinen alle möglichen Abstufungen aufweist! Immerhin soll im folgenden Abschnitt auf den Chemismus dieser Gesteine näher eingegangen werden.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

II. Kann man die »Serpentinpflanzen« als »Magnesiapflanzen« bezeichnen?

Wie im vorigen gezeigt wurde, läßt sich die Bezeichnung »Serpentinpflanzen« im Sinne einer ausschließlichen Gebundenheit an dieses Gestein nicht länger aufrechterhalten. Daß man mit dem Begriffe »serpentinstet« die spezielle Vorstellung von der formativen Wirkung des im Serpentin enthaltenen Magnesiumoxydes oder der Magnesia (MgO), verband, geht daraus hervor, daß man u. a. auf den Nachweis dieser Verbindung in der Asche der Serpentinpflanzen von jeher besonders Gewicht legte. Ebner (**29**, 378) nennt z. B. die kieselsaure Magnesia den wesentlichen Bestandteil im Serpentin und bemerkt, daß auch der Graustein (= Granulit), auf dem *Asplenium cuneifolium* ausnahmsweise vorkomme, bedeutende Mengen von Bittererdosilikaten enthalte (was übrigens, wie später gezeigt werden soll, nicht zutrifft!). Allerdings fügt schon Ebner sehr richtig hinzu, daß Magnesium allein nicht maßgebend sein könne, da *A. cuneifolium* keineswegs auch auf dolomitischen Gesteinen vorkomme. Kerner (**66**, 256) gelangte auf Grund seiner im Innsbrucker botanischen Garten (1861 bis 1863) durchgeführten Kulturversuche mit obiger Pflanze auf MgO- und CaO-freier Unterlage, die keine Abänderung ergaben, zu der Ansicht, daß der Pflanze das MgO nicht unumgänglich notwendig sei. Offenbar unter dem Eindrucke der später mit Erfolg durchgeführten, auf eine längere Zeit sich erstreckenden Umkehrversuche Sadebeck's (**126**, 76, 77, 78, 79) mit *A. cuneifolium* und *A. adulterinum* gewann die Ansicht von der bestimmenden Bedeutung des MgO wieder Oberhand und Linstow (**88**, 52) schließt z. B. neuestens daraus, daß der Dolomit zwar *Asplenium viride*, aber nicht *A. adulterinum* trägt, daß entweder sein MgO-Gehalt zu gering sei, um letzteres zu erzeugen oder aber *A. adulterinum* ausschließlich an das Silikat der Magnesia und nicht an das Karbonat gebunden sei, was insofern wieder nicht zutrifft, als *A. adulterinum*, wie schon erwähnt, auch auf Magnesit (= $MgCO_3$) beobachtet wurde!

Die nachfolgenden Teil-Analysen der früher angeführten Gesteine berücksichtigen in erster Linie, im Hinblick auf seine angeblich formative Wirkung, die Menge des MgO, daneben aber auch noch, mit Rücksicht auf den »Kalkfaktor« Loew's, die Menge des CaO in Prozenten. Zur Errechnung des Mittels beider wurden nicht wahllos Analysen herangezogen, sondern vor allem jene verwertet, die den Minimal-, beziehungsweise Maximalgehalt an beiden Verbindungen aufweisen.

Serpentin. Der Gehalt an MgO ist beträchtlich, wechselt aber stark. Die Analysen Nr. 1 und 2 in Rinne (**118**, 160) ergeben ein Mittel von 24·01%, jene Nr. 1, 3, 4, 5 in Rosenbusch (**119**, 543) von 35·86%; aus Ippen (**60**, 197) resultiert ein solches von 42·44%, die steirischen Serpentine (Kraubath, Hochgrößen) liefern, nach Angel (**1**, 141, 144) ein Mittel von 36·94%, Serpentine des Wallis, vgl.

Rosenbusch (**119**, 542) sogar 48·6%. Das Gesamtmittel aus allen diesen Werten beträgt 37·57% MgO (der Wert von 43·5% MgO als Mittel, vgl. Handwörterbuch der Naturwissenschaften, 1912, I, p. 927, erscheint mir zu hoch gegriffen!). Der Gehalt an CaO unterliegt weit größeren Schwankungen; er steigt von kaum nachweisbaren Spuren bis zu 7·20% [letzteres in Analyse Nr. 1 bei Rinne (**118**, 160)], beträgt in den steirischen Serpentinen im Mittel 0·75%, scheint mit zunehmender Menge des MgO zu sinken und dürfte im allgemeinen Mittel 3·5% nicht übersteigen.

Der Gehalt an SiO_2 ist ziemlich konstant, im Mittel 40·5%.

Dunit. Ist ein Gemenge von Olivin und Chromit. Der Olivin enthält, nach Tschermak (**140**, 447), 57·1% MgO, der Chromit, beziehungsweise der damit in isomorpher Mischung auftretende Spinell nach demselben Autor (l. c., 419) 28% MgO. Im Handwörterbuch der Naturwissenschaften, I, 927, sowie bei Ramann (**114**, 73) ist der MgO-Gehalt des Olivin mit rund 49% angeführt. Als Mittel ergibt sich für den Olivin 51·7% MgO, für den Dunit rund 40% MgO, beziehungsweise wenn die Analyse des neuseeländischen Dunit bei Rinne (**118**, 160) mit 47·38% MgO mitberücksichtigt wird, 43·69% MgO.

Magnesit. Das Handwörterbuch der Naturwissenschaften (l. c.) gibt den MgO-Gehalt im Mittel mit 47·6% an, ebenso Tschermak (l. c., 443). Sehr zahlreiche Analysen liegen von steirischen Magnesiten vor [so bei Redlich (**116**, 306) von Oberort, Wald (B.), Sunk, Sattlerkogel, bei Angel (**1**, 263—264) vom Sattlerkogel St. Lorenzen i. P. und St. Michael, bei Hatle (**43**, 96) von St. Ehrhard und Kraubath]. Die steirischen Magnesite geben als Mittel 44·29% MgO. Als Gesamtmittel erhält man für Magnesit ein solches von 46% MgO. Der Gehalt der steirischen Magnesite an CaO beträgt im Mittel 1·59%. (Wenn, wie vielfach in der Literatur, Kalk und Magnesia als Karbonate angegeben sind, wurden sie in Oxyde umgerechnet!)

Granulit. Aus den Analysen Nr. 1, 2, 4, 7 in Rosenbusch (**119**, 506) ergibt sich ein Mittel von 0·37% MgO. Bemerkenswert, im Hinblick auf die im früheren angeführte Behauptung Ebner's ist die Tatsache, daß der Granulit von Gurhof (nicht Gushof!) nach Rosenbusch (l. c., Nr. 7) überhaupt keine nachweisbaren Mengen von MgO enthält; eine Analyse des Granulits von Adolfstal konnte ich nicht auffinden. Der Gehalt an CaO beträgt bei obigen Granuliten im Mittel 1·04%.

Granit. Die Analysen Nr. 2, 5, 9, 10, 11 in Rosenbusch (**119**, 78—79) ergeben als Mittel 0·51% MgO, nach Rinne (**118**, 151) hat typischer Granit 0·5% MgO, Schwarzwaldgranit 0·95% MgO. Der Granit von Dohna enthält nach Rosenbusch (l. c., 485) 1·71% MgO, woraus sich als Gesamtmittel 0·9% MgO ergibt. Der Gehalt an CaO aus obigen Analysen ist im Mittel 1·6%.

Sandstein. Der Quadersandstein des Elbetals enthält nach Rosenbusch (l. c., 406, Nr. 9) kein MgO und nur Spuren von CaO.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

In den übrigen dort angeführten Analysen schwankt der MgO-Gehalt zwischen 0·11 bis 1·39%, an CaO von 0·1 bis 1·33%, woraus sich als Mittel 0·5% MgO, beziehungsweise 0·47% CaO ergibt.

Kalk. Der Gehalt an MgO schwankt nach Rosenbusch (l. c., 416) zwischen 0 bis 4·4%, jener an CaO zwischen 38·13 bis 53·31%; Gesamtmittel daraus zirka 2% MgO, 49% CaO. [Im Schöckelkalk von Peggau ist nach Angel (**1**, 275) der Gehalt an MgO sogar 8%, jener an CaO 49%].

Mergel. Nach den Analysen Nr. 1, 4, 7, 9 in Rosenbusch (l. c., 427) schwankt der Gehalt an MgO von 0·41 bis 16·3%, an CaO von 11·48 bis 40%. Gesamtmittel = 8·3% MgO, 25·7% CaO.

Diorit. Aus den Analysen Nr. 1, 4, 6, 11, 15, 17*a* in Rosenbusch (l. c., 144) ergibt sich ein Mittel von 4·41% MgO, aus Nr. 1, 2, 3 in Rinne (**118**, 157) ein solches von 2·63% MgO. Gesamtmittel = = 3·52% MgO. Das Mittel an CaO obiger Analysen = 7 1%.

Porphyr. Die Analysen Nr. 1, 3, 8, 9 des Quarzporphyrs in Rosenbusch (l. c., 256) liefern ein Mittel von 0·49% MgO. Nach Rinne (**118**, 171) beträgt das Mittel 0·5% MgO. Der mittlere CaO-Gehalt ergibt sich aus Rosenbusch mit 0·51%, aus Rinne mit 1·5%. Gesamtmittel = 0·5% MgO, 1% CaO.

Trachyt. Die Analysen Nr. 2, 5, 7, 10*a* in Rosenbusch (l. c., 280) geben ein Mittel von 0·88% MgO, jene Nr. 1, 2 in Rinne (**118**, 172) von 0·74%. Der Trachyt von Gleichenberg hat nach Angel (**1**, 110) im Mittel 0·71% MgO und 3·73% CaO. Gesamtmittel = = 0·76% MgO, 2·97% CaO.

Grauwacke. Aus Rosenbusch Nr. 15 bis 17 (l. c., 406) ergibt sich ein Mittel von 1·5% MgO, 0·62% CaO.

Basalt. Die Analysen Nr. 5, 7, 14, 16 in Rosenbusch (l. c., 322—323) ergeben ein Mittel von 8·03% MgO, jene Nr. 2, bei Rinne (**118**, 179) von 6·33% MgO, die steirischen Basalte liefern nach Angel (**1**, 112—120) 6·54% MgO. Gesamtmittel = 6·97% MgO, mittlerer CaO-Gehalt aus Rosenbusch und Angel = 9·61%.

Ordnet man diese Gesteine in einer Reihe, nach dem mittleren MgO-Gehalt (in Prozenten) fallend, so erhält man: Olivin (51·7), Magnesit (46), Dunit (43·69), Serpentin (37·57), Mergel (8·3) Basalt (6·97), Diorit (3·52), Kalk (2), Grauwacke (1·5), Granit (0·9), Trachyt (0·76), Sandstein (0·5), Quarzporphyr (0·5), Granulit 0·37).

Würde man die »Serpentinpflanzen«, speziell die Serpentinfarne, nur von den vier ersten Substraten kennen, so dürfte man noch mit einiger Wahrscheinlichkeit den in allen diesen Fällen relativ hohen MgO-Gehalt dafür verantwortlich machen und in diesem Sinne von Magnesiapflanzen reden. Aber sie kommen auch auf Kalk (mit durchschnittlich nur 2% MgO), auf Granit (jener von Dohna enthält nur 1·71% MgO), auf Quadersandstein (in jenem des Elbesandsteingebirges ist überhaupt MgO nicht nachweisbar!) sowie auf Granulit (mit durchschnittlich nur 0·37% MgO) vor. [Der Granulit von Adolfstal enthält sicher MgO (wenn auch kaum in größerer Menge), da ihn Hochstetter (**56**, 14) unter den

©Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

körnig-streifigen, an Magnesiaglimmer reicheren Varietäten anführt.] Und wie soll man es sich auf Grund dieser chemischen Einstellung erklären, daß die »Serpentin«-, beziehungsweise Magnesiapflanzen einer ganzen weiteren Reihe von hier noch nicht genannten Silikatgesteinen mit mittlerem bis hohem MgO-Gehalt fehlen, so z. B. dem Gabbro [der nach den Analysen 1, 2, 4, 6, 9 in Rosenbusch (l. c., 155) ein Mittel von 7·9% MgO (und 11% CaO) aufweist], wenigstens am Zobten, wo das in der Umgebung auf Serpentin häufige *A. cuneifolium*, nach Milde (**95**, 235 [603]) fehlt; am Monte Ferrato bei Prato scheinen die Verhältnisse, wie später auszuführen sein wird, allerdings anders zu liegen, oder dem Hornblendeschiefer [der nach den Analysen Nr. 5, 6, 7, 11a, 12 in Rosenbusch (**119**, 526) ein Mittel von 15% MgO (und 9·3% CaO) hat], dem Chloritschiefer [nach den Analysen Nr. 1 bis 4 in Rosenbusch (l. c., 522) ergibt sich ein Mittel von 18% MgO (und 3·3% CaO)], dem Talkschiefer, dessen mittlerer MgO-Gehalt nach den Analysen Nr. 1 bis 4 in Rosenbusch (l. c., 520) sogar 26% beträgt (CaO = 3·4%), wobei noch besonders zu berücksichtigen ist, daß auch diese letztgenannten Gesteine sehr häufig den Serpentin begleiten, so z. B. Chloritschiefer (nebst Tonschiefer und Kalk) den Serpentin bei Bernstein [nach Cžjzek J., das Rosaliengebirge und der Wechsel in Niederösterreich, Geol. Reichsanstalt 1854, III., p. 472] oder Talkschiefer den Serpentin im Zederhauswinkel im Lungau [nach Stur, die geologische Beschaffenheit der Zentralalpen zwischen dem Hochgolling und dem Venediger, Geol. Reichsanstalt 1854, IV., p. 831]?! Wie ist es ferner zu verstehen, daß von den Gesteinen der Karbonatreihe zwar der Kalk (mit nur 2% MgO im Mittel) und der Magnesit (mit 46% MgO) »Serpentinpflanzen« tragen, nicht aber Zwischenglieder, wie der Siderit [von dem nach Redlich (**117**, 45) die Durchschnittsanalyse des Roherzes vom steirischen Erzberg 4·06% MgO (und 5·92% CaO) ergibt] oder der Ankerit [nach Redlich (l. c., 49) ergibt der Durchschnitt von drei Analysen des Ankerits vom Erzberg 6·08% MgO (und 24·41% CaO), nach Angel (**1**, 268), jener von Radmer 13·51% MgO (und 38·65% CaO), Gesamtmittel daraus 9·7% MgO (und 31% CaO)], endlich der Dolomit [aus den Analysen in Rosenbusch (**119**, 424) von Römerbad, in Angel (**1**, 263, 267) vom Grazer Schloßberg und vom Sunk, sowie in Tschermak (**140**, 440) ergibt sich ein Mittel von 21% MgO (und 28·6% Ca)]? Nun könnte allerdings mit Recht eingewendet werden, nicht die in den Gesteinen vorhandene Menge von MgO sei für die Pflanze maßgebend, sondern die in der Verwitterungserde derselben enthaltene Menge dieser Verbindung, noch genauer ausgedrückt, jene Menge von MgO, die in Lösungen den Pflanzenwurzeln zugute kommt, von ihnen verwertet und gespeichert wird. Mehrfach wird in der Pflanzenphysiologie der Standpunkt vertreten, daß, in je größerer Menge sich ein Stoff im Boden befinde, desto größere Mengen desselben auch von der Pflanze in der Regel aufgenommen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

werden und dann in ihrer Asche enthalten seien [vgl. diesbezüglich Warming (**151**, 64) und Kerner-Hansen (**68**, 60)]! Nun ist aber die Menge der MgO in den aus verschiedenen Gesteinen hervorgegangenen Verwitterungserden dem MgO-Gehalt des jeweiligen Gesteins durchaus nicht immer direkt proportional. So liefert der Serpentin von Gurhof [dessen Analyse allerdings nicht vorliegt, Ebner (**29**, 378) nimmt für ihn den MgO-Gehalt des »normalen« Serpentins mit 42·86% an] in seiner Verwitterungserde nur 6·507% MgO, also etwas mehr als ein Sechstel der im Gestein mutmaßlich enthaltenen Menge, dagegen nach Kraus (**77**, 32) der Hauptmuschelkalk (mit 7·9% MgO im Gestein) 16·7% MgO in der Erde (doppelt soviel wie im Gestein!), der Wellenkalk (l. c., 33), der 0·37% MgO enthält, sogar 2·4% MgO in der Erde (siebenmal soviel wie im Gestein!).

Es ist also sehr gut denkbar, daß auch aus MgO-armen Gesteinen, ja selbst aus solchen, die kaum nachweisbare Spuren davon besitzen, beziehungsweise aus deren Verwitterungsböden, die Pflanzen im allgemeinen, die »Serpentinpflanzen« im besonderen schon mit Rücksicht auf das bekannte Wahlvermögen der Pflanze, größere Mengen von MgO aufnehmen und speichern können.

Wenn aber, theoretisch, die Pflanzen mehr oder weniger allen Böden (denn MgO fehlt, als notwendiger Nährstoff, Böden, die überhaupt Vegetation tragen, nirgends) größere Mengen MgO entnehmen, beziehungsweise jeder Boden gegebenenfalls »Magnesiapflanzen« erzeugen kann, so hat diese Bezeichnung in dem Sinne, daß sich mit ihr der Begriff eines spezifischen Substrates verknüpft, jede Grundlage verloren.

Aber selbst wenn man mit der Bezeichnung »Magnesiapflanzen« bloß die Vorstellung einer erhöhten MgO-Aufnahme und -Speicherung, unabhängig vom Substrat, verbindet, bleibt noch immer zu beweisen, daß diese Fähigkeit (und damit die der Formänderung) ihnen, beziehungsweise den »Serpentinpflanzen« ausschließlich oder doch in weit höherem Maß als anderen Pflanzen eigen ist. Die Analyse der Asche von *Asplenium cuneifolium* (vom Serpentin des Gurhofgraben) ergab nach Ebner (**29**, 377) allerdings 31·22% MgO (gegenüber 6·507% in der Verwitterungserde) und damit unzweifelhaft eine Anreicherung. Wenn man aber diese Speicherung als maßgebend für die Abänderung ansieht, so wäre doch wohl vor allem einmal festzustellen, ob der Gehalt an MgO in den »Serpentinfarnen« *Asplenium cuneifolium* und *A. adulterinum* überhaupt ein höherer ist als in den Normalformen *A. adiantum nigrum*, beziehungsweise *A. viride* auf nicht serpentinhältiger Unterlage! So wahrscheinlich dies allerdings ist, so wenig ist es bis jetzt bewiesen, da entsprechende Vergleichsanalysen bisher fehlen. Von speziellem Interesse wäre es, zu erfahren, ob z. B. *A. cuneifolium* oder *A. adulterinum* auf Magnesit, Granulit usw. in gleicher Weise MgO speichern, wie auf Serpentin oder nicht.

© Österreichische Akademie der Wissenschaften; download unter www.biologiezentrum.at

Ebenso müßte untersucht werden, ob bei Kulturversuchen mit beiden Serpentinformen auf serpentinfreier Unterlage, beziehungsweise bei der Rückverwandlung derselben in die Normalformen der MgO-Gehalt abnimmt oder nicht. Schon Kerner (**66**, 256) fühlte diese Notwendigkeit sehr wohl, konnte aber wegen zu geringer Menge des auf MgO- (und CaO-) losem Substrat gezogenen *A. cuneifolium* daran keine Analyse ausführen. Aber auch Sadebeck hat bei seinen bekannten Umkehrversuchen mit beiden Farnen diese weder vor Beginn des Versuches, noch nach vollzogener Rückkehr zur Normalform auf ihren MgO-Gehalt untersucht! Es wäre auch wichtig zu wissen, ob *A. adiantum nigrum* und *A. viride*, wenn sie, wie nicht selten, auf Serpentin wachsen, o h n e daselbst abzuändern, auch in diesem Fall einen höheren MgO-Gehalt aufweisen als auf serpentinfreiem Substrat oder nicht! Dies um so mehr, als es eine ganze Reihe von Pflanzen gibt, die an und für sich, auch von nicht spezifischer Unterlage, durch einen hohen MgO-Gehalt ihrer Asche ausgezeichnet sind. So enthält nach Kohl (**74**, 215) *Stellaria media* in 100 Teilen Reinasche 21·8% MgO, *Trifolium pratense* 17·68% (26·07%) MgO; nach diesem Autor ist überhaupt Magnesium in größeren Mengen an der Zusammensetzung der meisten Pflanzenaschen beteiligt, als andere Elemente, Aluminium ausgenommen. Czapek (**20**, 768) führt für die Holzasche von *Rubus fruticosus* 15·81% MgO, für *Betula* bis 18%, für *Quercus* 15 bis 23%, für *Larix* bis 24·51% MgO (im Stammholz nach Councler stets 11%) an, während sonst Holzaschen in der Regel nur 5 bis 10% MgO enthalten; die Blattasche von *Erica carnea* (**20**, 797) weist 15·54% MgO auf (während am häufigsten in den Aschen von Blättern sonst nur 3 bis 8% davon gefunden werden). Auch Sporenpflanzen können einen hohen MgO-Gehalt haben, der nach Czapek (l. c., 815) bei *Marchantia polymorpha* 10·8%, *Fegatella conica* 8·6%, *Sphagnum* 6·94 bis 7·79%, *Hylocomium splendens* 9·56%, *H. triquetrum* 7·2%, *Hypnum Schreberi* 7·22, *Lycopodium annotinum* 6·35% erreicht. Linstow (**88**, 114) gibt für die Stammasche von *Abies alba* 5·36 bis 6·53% MgO, von *Picea excelsa* 4·52 bis 6·41%, von *Larix decidua* 8·26 bis 10·46% an, so daß man die Lärche geradezu als »Magnesiabaum« im Verhältnis zur Fichte, die sich gemäß der Analyse als »Kalkbaum« qualifiziere, bezeichnen müsse. Besonders bemerkenswert ist die Tatsache, daß manche, fakultativ auf Serpentin wachsende Arten einen hohen, beziehungsweise höheren MgO-Gehalt aufweisen, als wenn sie auf anderem Substrat siedeln, o h n e daß es deswegen bei ihnen zur Bildung von »Serpentinformen« kommt. So enthält die Asche von *Biscutella laevigata* vom Serpentin des Gurhofgrabens nach Kerner-Hansen (**68**, 59) 28% MgO, jene von *Dorycnium decumbens* 20·9%; *Taxus baccata* vom dortigen Serpentin weist (**68**, 60) 22·7% MgO auf gegenüber 5·1% vom Kalk- und 5·7% vom Gneisboden.

Erica carnea enthielt nach Kirchner-Loew-Schroeter (**71**, 143) auf Serpentin 24·92% MgO, auf Kalk 11·75% MgO. Das

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

sind aber Werte der MgO-Speicherung, die an jene von *A. cuneifolium* (31·22% MgO) nahe heranreichen und es wohl sehr unwahrscheinlich machen, daß die Abänderung der »Serpentinpflanzen« durch die MgO-Speicherung allein ausgelöst werde, selbst wenn man, wie billig, in Rechnung zieht, daß die Fähigkeit, überhaupt abzuändern, bei verschiedenen Pflanzen von Natur aus eine verschiedene ist. Den Verfechtern der chemischen Theorie bleibt aber immer noch eine Erklärungsmöglichkeit. Es wäre denkbar, daß weniger die absolute Menge des zur Verfügung stehenden, beziehungsweise aufgenommenen MgO für die Abänderung maßgebend sei, als vielmehr das Verhältnis der Mengen von CaO MgO in der Verwitterungserde, beziehungsweise Nährstofflösung oder in der Pflanze. Dieses Verhältnis, nach Loew als Kalkfaktor bezeichnet, ist nach der herrschenden Ansicht der Pflanzenphysiologie für die Ernährung der Pflanze im allgemeinen von hervorragender Bedeutung, wenngleich es, als notwendiges, bestimmtes Nährstoffverhältnis von Gössel und Lemmermann [siehe Russel (**121**, 57)] in Zweifel gezogen wird und nicht bestätigt werden konnte.

Auch nach Russel ließ sich (l. c., 197) kein bestimmter Zusammenhang zwischen diesem Nährstoffverhältnis und der Ertragsfähigkeit der daraufhin untersuchten Bodenarten feststellen. Anderseits betont Czapek (**20**, 841) ausdrücklich, daß zwischen dem Gehalt der Nährstofflösung an Ca- und Mg-Ionen ein bestimmtes Gleichgewicht herrschen müsse und auch Schroeter (**131**, 865) sagt, daß große Ca-Mengen große Mg-Mengen ausschließen und umgekehrt.

Nach Czapek (**20**, 848) und Loew (**89**, 368) ist dabei eine gegenseitige Vertretung des Kalkes und der Magnesia nicht möglich, da sie beide an komplizierten physiologischen Gleichgewichtsbedingungen hervorragend beteiligt seien. Warming (**152**, 69) und Strasburger-Jost-Schenk-Karsten (**135**, 178) jedoch nehmen wenigstens die Möglichkeit eines teilweisen gegenseitigen Ersatzes beider an. Auch Kerner-Hansen (**68**, 60) äußert sich dahin, daß in den Pflanzen des Serpentinbodens der Kalk größtenteils durch Magnesia ersetzt werde, wofür das Ergebnis einiger Analysen herangezogen wird, die annähernd gleiche Summen von CaO+MgO aufweisen

So enthielt die Asche von *Taxus baccata* auf Serpentin 38·8% CaO + MgO (16·1 CaO + 22·7 MgO), auf Kalk 41·2% (36·1 CaO, 5·1 MgO), auf Gneis 36·3% (30·6 CaO, 5·7 MgO). Die (l. c., 59) gebrachten Analysen (auf welche dort allerdings nicht direkt Bezug genommen wird), ergeben für *Biscutella laevigata* (Gurhofgraben-Serpentin) 42·7% (14·7 CaO, 28 MgO), für *Dorycnium decumbens* 40·5% (20·9 CaO, 19·6 MgO). Die schon Kirchner-Loew-Schroeter (**71**, 143) gebrachte Analyse von *Erica carnea* von Serpentin ergibt 44·13% (19·21 CaO, 24·92 MgO), von Kalk 38·15% (26·40 CaO, 11·75 MgO) und

Asplenium cuneifolium vom Gurhofgraben ergibt nach Ebner (l.c., 377) 49·99% (18·77 CaO, 31·22 Mg O).

Das sind aber denn doch recht divergierende Werte, denen Beweiskraft ich nicht allzuhoch veranschlagen möchte. Auch gegen die in Kerner-Hansen (**68,** 60) geäußerte Meinung, »daß die Vertretung sich auf jene nahe verwandten Verbindungen beschränken dürfte, deren Moleküle vom lebenden Plasma beim Aufbau und der Umlagerung der Stoffe wechselseitig substituiert werden können« wäre einzuwenden, daß dies gerade für Ca und Mg nicht zu gelten scheint. Denn nach Loew (**89,** 385) »zieht ein Austausch von Ca gegen Mg im Chlorophyllkörper und Kern Störungen der Struktur und endlich Absterben nach sich; dazu kommt es aber nur bei Einwirkung von Mg-Salzen starker Säuren unter gleichzeitiger Abwesenheit von Ca-Salzen in der Lösung, während bei Anwesenheit letzterer die Giftwirkung der Mg-Salze ausbleibt und nach dem Gesetz der Massenwirkung die umgekehrte Reaktion eintritt, d. h. das in die Kernsubstanz an Stelle von Ca eingetretene Mg wieder durch ersteres ersetzt wird«.

In der Verwitterungserde des Gurhofgraben-Serpentins (**29,** 377—378) mit 0·22% CaO und 6·507% MgO stellt sich das Verhältnis $\frac{CaO}{MgO}$ wie 1 30, in der Asche des dortigen *Asplenium cuneifolium* (18·77% CaO und 31·22% MgO) wie 1 1·66, in jener der Eibe vom Serpentin (siehe Kerner-Hansen) ist es 1 1·41, bei *Erica carnea* vom Serpentin (vgl. oben) wie 1 1 bei *Biscutella laevigata* (Gurhofgraben) wie 1 1·9, bei *Dorycnium decumbens* (von ebendort) aber wie 1 0·93! Sowohl die absolute Menge von MgO in der Asche (19·6 bis 31·22%), als auch die Summe von CaO + MgO (38·8 bis 49·99%) und das Verhältnis $\frac{CaO}{MgO}$ (1 0·93 bis 1 1·9) variiert bei den obigen fünf von Serpentinböden untersuchten Arten ganz bedeutend. Macht man den »Kalkfaktor« für die Bildung der Serpentinformen verantwortlich, so müßte in analoger Weise wie für die Magnesiaspeicherung zunächst durch zahlreiche Analysen erwiesen werden, daß die formative Wirkung an einem bestimmten, für die einzelne Art mehr weniger konstanten Wert desselben gebunden ist.

III. Serpentinform und Normalform.

Zu *Asplenium cuneifolium* ist die Normalform *A. adiantum nigrum.* Letzteres wird von Christ (**19,** 17) als vorherrschend kalkabhold bezeichnet, auch Diels (**24,** 240) nennt es kalkscheu. Nach Janchen (**61,** 388) tritt es in Nordwestalbanien auf jeder Unterlage auf und kommt in Ostmontenegro auch auf Kalk vor (**62,** 81). Milde (**95,** 230 [598]) führt es aus Schlesien von Basalt und Serpentin an, Hayek (**46,** 28) u. a. vom Donati (also wohl

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Kalk), Kreuzkogel (Schiefer), Gleichenberger Schloßberg (Trachyt), Klöch (Basalt), Janchen (**64**, 134) auch von Flysch und Serpentin bei Skodra. Christ (**19**, 341) erwähnt es auch von Granit auf Bornholm.

Seine Verbreitung umfaßt nach Christ (**19**, 182) Süd- und Ostafrika, Europa, Syrien, den Himalaya, China, Réunion und die Sandwichinseln. Die Nordgrenze erreicht es auf den Färöern, zirka 62° n. Br. (Basalt!). Der steile Abfall seiner Nordostgrenze von dort über das südliche Norwegen, Holland, Deutschland, Rußland zur Krim und zum Kaukasus deutet wohl auf eine ozeanisch-atlantische Tendenz [vgl. Karte III und Text in Christ (**19**, 340—341)]! Es ist wohl als ein thermophiles Element aufzufassen (Vollmann F., Flora von Bayern, Stuttgart 1914, p. 13, bezeichnet die Art als mediterran-afrikanisch) das, nach Ascherson-Graebner (**3**, 72) nur ausnahmsweise in die montane Region ansteigt, so auf der Berninastraße zwischen 1700 bis 2000 *m*; Christ (**19**, 28) führt es als »halb xerophile« Art im Wallis bis 1300 *m* an. In Schlesien geht es nach Stenzel (**134**, 20) bis 500 *m*. Gegenüber *A. cuneifolium* ist es die edaphisch indifferentere, verbreitertere, mit einer größeren Breite des Lichtgenusses begabte, noch mehr als dieses veränderliche und ältere Art, deren Ursprung möglicherweise bis ins Tertiär zurückreicht. *A. cuneifolium* ist derzeit bekannt von Serpentin, Dunit, Magnesit, Granulit und Granit. Seine geographische Verbreitung erstreckt sich nach Christ (**19**, 182) über Südeuropa, Ostafrika, Kaukasien, Südchina. Eine ziemlich lückenlose Übersicht über die europäischen Standorte gibt Ascherson-Graebner (**3**, 71—72); doch sind einige bei Christ (l. c.) genannte nicht angeführt, so z. B. Uesküb in Mazedonien, Sagunt in Spanien, Batum, Casarza. Fiori (**30**, 27) gibt für Italien außer Euganei, Apennin, Korsika auch Alpi an; Rouy (**120**, 448) für Frankreich speziell. Haut-Vienne, Cantal, Aveyron, Gard; Vollmann (l. c.) für Bayern: Erbendorf, Oberkotzen, Kupferberg; Hayek (**49**, 416) und Hormuzaki (**59**, 150) für die Bukowina: Moldawatal ober Campolung, beziehungsweise Breaza. In Kleinasien, wo Serpentin häufig ist, wurde es nach Milde (**97**, 11) bisher noch nicht beobachtet. Den nördlichsten Punkt seiner Verbreitung bildet Aberdeen in Schottland, zirka 57° n. Br. (Serpentin). In Mitteleuropa liegen am weitesten nördlich seine Standorte bei Zöblitz im sächsischen Erzgebirge, am Zobten sowie am Goglauer Berg bei Schweidnitz (sämtliche in der Nähe des 51° n. Br. und durchwegs auf Serpentin). Seine Höhengrenze fällt in Schlesien [nach Stenzel (l. c.)] mit jener von *A. adiantum nigrum*, 550 *m*, zusammen. Auch die Standorte in Niederösterreich [z. B. im Bezirk Persenbeug, nach Braun (**11**, 286) bei 300 *m*], im Burgenland am Plischaberg zwischen 650—800 *m*, in der Bukowina bei Campolung bei zirka 800 *m*, in Steiermark, den Lärchkogel ausgenommen, bleiben unter 1000 *m* Seehöhe. Doch ist die Angabe von Christ (**19**, 18—19), daß es die hochgelegenen Serpentine der inneren Alpen meide, seither mehrfach widerlegt.

So wurde es in der Schweiz [vgl. Braun-Blanquet (**12**, 7) und W. Schibler in Ber. Schweiz. bot. Ges., Heft XXIV/XXV, 1916, p. 152], bei Davos in zirka 1520 *m* Höhe und am Parsenn bei zirka 1750 *m*, nach Derks [Ber. Schweiz. bot. Ges., Heft XXVI—XXIX, 1920, p. 165] auch bei Klosters-Platz aufgefunden. (Nach Schibler in Braun-Blanquet, Schedae 1918, p. 7, in der Schweiz zwischen 1520 bis 2000 *m*). Aus Ostafrika ist es noch von 2000 *m* Höhe am Kibosho [nach Christ (**19**, 261)] bekannt. Bemerkenswert ist, daß *A. cuneifolium* in Steiermark bedeutend weiter nördlich vordringt als *A. adiantum nigrum* und sein nördlichster Standort im Lande nicht auf Serpentin, sondern auf Magnesit (Sattlerkogel der Veitsch!) liegt. Die Zone optimalen Gedeihens und häufigsten Vorkommens ist jedenfalls auch bei dieser Art unterhalb der Waldgrenze, vielleicht sogar unterhalb der 1000 *m*-Grenze gelegen. *A. cuneifolium* ist wählerischer in bezug auf das Substrat und hat eine geringere Breite des Lichtgenusses als *A. adiantum nigrum* ist auch wohl in höherem Grade thermophil als dieses. Sein Gesamtareal in Europa liegt innerhalb des Areals der Normalform und speziell in seiner Nordgrenze bleibt es weit hinter jener der Stammform zurück. [Südpunkt: Sagunt, 40° n. Br.; Nordpunkt: Aberdeen, 57° n. Br.; Westpunkt: ebenda, zirka 2° w. L. v. Gr.; Ostpunkt: Batum, zirka 42° ö. L. v. Gr. oder noch weiter östlich in Kaukasien. Kommt in Afrika noch bei 3° s. Br. (am Kibosho) und in China bei Kweitschau (31° n. Br., 110° ö. L.), nach Christ, Geogr. der Farne, p. 261 und 341, vor].

In der Literatur wird fast durchwegs die Auffassung vertreten, daß beide Farne an ihren Standorten sich ausschließen. So sagt Neger (**101**, 361): »Die Serpentinform hat es gelernt, das Magnesium dem sehr schwer löslichen Magnesiumsilikate besser zu entreißen als die Stammform, ist ihr daher im Kampf ums Dasein überlegen.« Auch in Kerner-Hansen (**69**, 101) heißt es: »Tatsache ist, daß die Serpentinform niemals die Stammform neben sich aufkommen läßt.« Schimper (**127**, 104) meint, immerhin abgeschwächt, »daß *A. adiantum nigrum* gegenüber *A. cuneifolium* auf Serpentin ganz zu fehlen scheint«.

Demgegenüber muß betont werden, daß einerseits ein Zusammenvorkommen beider durchaus nicht so selten ist, anderseits bisweilen nur *A. adiantum nigrum*, nicht aber *A. cuneifolium* auf Serpentin sich findet! So führt Milde [**95**, 231 (599)] vom Geiersberg bei Zobten und ebenso von den Grochauer Serpentinhügeln bei Frankenstein [l. c., 230 (598)] beide Farne an, was auch von Sadebeck (**123**, 78) bestätigt wird und nach Christ (**19**, 18—19) kommt auf den Serpentinhalden von Casarza in Italien *A. cuneifolium* im Geröll, *A. adiantum nigrum* an den mit Erde bedeckten Rändern derselben vor. Anderseits haben schon Sadebeck und Engler 1863 an der Katzenkoppe bei Langenbielau in Schlesien auf Serpentin zwar *A. adiantum nigrum*, aber nicht *A. cuneifolium* angetroffen [vgl. Sadebeck (**126**, 74—75)] und neuestens hat

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Janchen (**64**, 134) auf dem Serpentin des kleinen Bardanjolt bei Skodra nur *A. adiantum nigrum* (nordseitig) ohne *A. cuneifolium* beobachtet.

Was die Auffassung des *Asplenium cuneifolium* betrifft, so wurde es bekanntlich zuerst von Sadebeck für eine eigene, gute Art gehalten [mit Rücksicht auf das Zusammenvorkommen mit *A. adiantum nigrum* auf der Katzenkoppe, woraus Sadebeck schloß, daß *A. cuneifolium* zwar nur an Serpentin gebunden sei, diese aber nicht immer *A. adiantum nigrum* in *A. cuneifolium* überzuführen imstande sei, sowie im Hinblick auf das anfänglich negative Resultat seiner Umkehrversuche], später aber als Serpentinform erklärt. Doch haben die bekannten Umkehrversuche Sadebeck's, so wertvoll und lehrreich sie waren, wie schon in Kerner-Hansen (**69**, 101) betont wird, keine volle Aufklärung gebracht. Daß in manchen Fällen die Umwandlung in die Stammform nicht eintrat [so bei den Versuchen Kerner's, oder daß das auf Schiefer in der Aspangerklause sowie zwischen Edlitz und Krumbach, vgl. Woloszczak (**157**, 140) und Sadebeck (**124**, 425), gepflanzte *A. cuneifolium* (und *A. adulterinum)* sich nicht änderte] könnte noch immer damit erklärt werden, daß die Zeit zu kurz war, um die Rückbildung zu veranlassen. Aber Milde (**97**, 9) berichtet, daß auch am natürlichen Standort *A. cuneifolium* gar nicht selten zur Normalform zurückkehre, also ohne Änderung des Substrates! Sadebeck (**126**, 76) konnte allerdings dies, beziehungsweise die Angabe Milde's, daß er am Geiersberg auf Serpentin am selben Rhizome Wedel von *A. cuneifolium* und solche mit entschiedenem Übergang zu *A. adiantum nigrum* fand, nicht bestätigen, doch führt Ascherson-Graebner (**3**, 71—72) an, daß neuestens Sadebeck selbst an von Serpentinsubstrat entnommenen und dann serpentinfrei weiter kultivierten, ganzen Stöcken von *A. cuneifolium* eine deutliche Neigung zum Überwintern beobachtete, also eine beginnende Rückbildung in viel kürzerer Zeit als bei den Sporenaussaaten, wo sie erst nach mehreren Generationen eintrat. Sadebeck (**126**, 78—79) gibt übrigens selbst zu, daß seine Kulturen infolge wiederholten Wechsels des Wohnortes nicht immer mit gleicher Sorgfalt behandelt werden konnten und möglicherweise bei geeigneteren Kulturbedingungen die Übergangsformen schon früher auftreten würden. Neuestens hat übrigens Waisbecker (**148**, 421 und Magy bot. lapok, 1902, p. 11) als wichtig für die mangelnde Beweiskraft der Sadebeck'schen Versuche die Beobachtung geltend gemacht, daß jugendliche Exemplare des *A. cuneifolium* am natürlichen Standort (auf Serpentin bei Bernstein) häufig Glanz und die Tendenz zur Überwinterung der Wedel aufweisen, und daß es gerade solche jugendliche Exemplare auch waren, die bei den Versuchen Sadebeck's in der fünften, beziehungsweise sechsten Generation eben diese Eigenschaften, die als spezifisch für *A. adiantum nigrum* gelten, aufwiesen. Schimper (**127**, 103)

schließt aus der Erfolglosigkeit des Gegenversuches (Erzeugung der Serpentinform), daß es sich dabei um eine ganz außerordentlich langsame Beeinflussung handle. Jedenfalls wären gerade weitere Versuche in dieser Richtung, sowohl mit Sporenaussaaten, als auch mit auf Serpentin verpflanzten ganzen Stöcken des *A. adiantum nigrum*, von außerordentlicher Wichtigkeit.

Als Normalform zu *Asplenium adulterinum* gilt nach der heutigen überwiegenden Auffassung *A. viride*, da aber Ascherson (**3**, 58) ebenso wie Luerssen (**92**, 881) die Frage seiner Zugehörigkeit doch als noch nicht endgültig erledigt betrachtet, indem es in einem gewissen Grad sich doch auch *A. trichomanes* nähert, soll auch letzteres hier mitberücksichtigt werden. *Asplenium viride* ist nach Christ (**19**, 17) vorwiegend kalkhold; Solms-Laubach (**132**, 85) bezeichnet es sogar als kalkstet. Doch kann die Art die verschiedensten Gesteine besiedeln [so gibt sie Milde (**95**, 215 [583]) für Schlesien auf Kalk, Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Basalt, Gabbro und Serpentin an; Linstow (**88**, 52) führt sie von Dolomit an, im Tanzmeistergraben kommt sie auf Dunit (**113**, 179), bei Oberdorf auf Magnesit vor (**84**, 211)]. Jedenfalls bevorzugt sie Kalk und auch Hayek (**50**, 29) bezeichnet sie als typische Kalkpflanze. Sie ist eine zirkumpolare Art, in Mittel- und Nordeuropa sowie in Nordamerika verbreitet, geht aber nach Christ (**19**, 179) in Asien vom Kaukasus östlich nur bis zum Himalaya. Nach Heufler (**55**, 266) reicht sie in Europa bis 71° n. Br. Für die Höhenverbreitung gibt Ascherson-Graebner (**3**, 59) an: »Alpen und Karpathen bis 2700, im tirolischen Duxertal sogar, — nach Kerner bis 3289 *m*« —. *A. trichomanes* wird von Diels (**24**, 235—236) als fast kosmopolitisch bezeichnet, kommt nach Ascherson-Graebner (**3**, 56) in ganz Europa vor und geht nach Heufler (**55**, 280) bis 70° n. Br. Es steigt nach Ascherson (l. c) bis 1600 *m* an und ist nach Hayek (**50**, 75 und **46**, 22) entschieden bodenvag. *Asplenium adulterinum* wird von Christ (**19**, 19, 173, 341) »als auf die Serpentine der östlichen Voralpen und Mitteldeutschland beschränkt und als einer der nördlichsten und lokalisiertesten Endemismen Europas, der einem speziellen Substrate seine Existenz verdankt« angeführt, wurde aber, wie früher gezeigt, auch auf Dunit, Magnesit, Granit, Kalk, Sandstein beobachtet. Genaueres über die mitteleuropäischen Standorte (auf Serpentin) findet man u. a. bei Ascherson-Graebner (l. c.); nicht angeführt ist dort der Standort aus Frankreich, nach Rouy (**120**, 435): »Haut-Vienne rochers de Sardoux!« Vollmann (l. c., 12) gibt es auch noch von Oberkotzau, Wurlitz, Förbau, Gottmannsgrün in Bayern an. Daß es (nach Wyplel) im Gurhofgraben (auf Serpentin) vorkomme (**150**, 90) ist unrichtig! Es tritt nach Ascherson (l. c.) an den meisten, tiefer gelegenen Standorten mit *A. trichomanes*, seltener an einigen der höheren mit *A. viride*, fast überall mit *A. cuneifolium* auf. Als Höhenverbreitung gibt Sadebeck (**123**, 95) an: Költschenberge 300 bis 400 *m*, Zöblitz 650 *m*, Köpprich 520 *m*, Otterstein 1000 bis

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

1050 *m*. Im Burgenland und in Steiermark bleibt es erheblich unter der 1000 *m*-Grenze zurück. Es geht, nach Angabe der Karte III in Christ (**19,** 341), in Mitteleuropa nördlicher als *A. cuneifolium*, hinter dem es aber in bezug auf die absolute Polargrenze weit zurückbleibt. [Nach Luerssen (**92,** 169) liegt sein nördliches Areal zwischen 50 und 61° n. Br. und 11·5 bis 17° ö. L. v. Gr., sein südliches in den östlichen steirischen Alpen bis zum Eisenburger Komitat in 47° 25′ n. Br. und zwischen 15 bis 16° ö. L. v. Gr.] Interessant ist, daß es, die Richtigkeit der Standorte bei Schandau und Dohna vorausgesetzt, an seiner Nordgrenze nicht nur auf Serpentin, sondern auch auf Sandstein und Granit auftritt. In Steiermark erreicht es seine Nordgrenze auf Magnesit (Oberdorf!). *A. adulterinum* ist gegenüber *A. viride* die edaphisch wählerischere Art mit begrenzterer Verbreitung und einer geringeren Breite des Lichtgenusses. Da sein Gesamtareal innerhalb der von *A. viride* eingenommenen liegt und es hinter demselben sowohl in bezug auf die Polargrenze als die Vertikalverbreitung weit zurückbleibt, ist es wohl diesem gegenüber als relativ thermophile Art zu betrachten.

Bezüglich des Zusammenvorkommens von *A. adulterinum* und *A. viride* verhält es sich ähnlich, wie mit *A. cuneifolium* und *A. adiantum nigrum*. Gewiß gibt es viele Lokalitäten wo *A. viride* fehlt [z. B. Schönberg in Mähren, Einsiedel in Böhmen, nach Milde (**96,** 202)], aber bisweilen kommen doch beide zusammen vor, so auf Serpentin bei Zöblitz, nach Hofmann (**57,** 216, 233), bei Kirchdorf und Kraubath, auf Magnesit bei Oberdorf, woselbst, nach meinen Beobachtungen (**84,** 211) auch *A. trichomanes* auftritt. [Hayek gibt von dort (**46,** 22) nur *A. adulterinum* an.] Anderseits kommt oft genug *A. viride* ohne *A. adulterinum* auf Serpentin vor, so bei Matrei in Tirol nach Dalla Torre (**21,** 15), im Gurhofgraben nach Zermann (**159,** 9), nach meinen Beobachtungen am Lärchkogel, Hochgrößen usw. Auch die Behauptung Milde's (**97,** 8—9), daß *A. adulterinum, A. viride* und *A. trichomanes* nie zusammen vorkommen, hat höchstens lokale Geltung, denn bei Kirchdorf kommen auf Serpentin alle drei nebeneinander vor und ebenso auf Magnesit bei Oberdorf. Speziell für Kirchdorf trifft die Annahme Schimper's (**127,** 104), daß *A. adulterinum* das *A. trichomanes* auf Serpentin beinahe ganz verdränge, während *A. viride* nur ausnahmsweise beobachtet werde, in keiner Weise zu. Christ (**19,** 19) sagt in dieser Beziehung viel richtiger, *A. adulterinum* komme mit *A. viride* und *A. trichomanes* vor.

Von besonderem Interesse ist die Zöblitzer Zwischenform von *A. viride* und *A. adulterinum*, die von Hoffmann (**57,** 216, 233) als vollständig intermediär zwischen beiden angegeben und aus Sporen des *A. viride* hervorgegangen, angesehen wird. Also ein Zwischenstadium der Umbildung der Normalform in die Serpentinform in der Natur! Wäre übrigens nicht auch die umgekehrte Auffassung, vgl. diesbezüglich auch *A. cuneifolium* vom Geiers-

berg, denkbar?! Luerssen allerdings und Ascherson-Graebner (**3**, 58) halten die Zwischenform für einen Bastard zwischen *A. adulterinum* und *A. viride*. Die Tatsache, daß sehr viele Serpentine keine »Serpentinpflanzen«, speziell keine Serpentinfarne tragen, ist jedenfalls der Beachtung wert. Wenn von noch nördlicher als Aberdeen gelegenen Serpentinen, z. B. in Norwegen bei Snarum, in Nordschweden in der Provinz Norbotten, vom Ural [vgl. diesbezüglich Rosenbusch (**119**, 544), Tschermak (**140**, 443), Redlich (**116**, 305)] keine Serpentinfarne bekannt sind, so könnte man dies ja noch damit erklären, daß sie außerhalb des Areals, beziehungsweise oberhalb der Polargrenze beider sich befinden, beziehungsweise daß in diesen Fällen das Klima (hohe geographische Breite) die edaphische Wirkung übertöne. Aber warum tragen auch in Mitteleuropa, innerhalb des Areals beider Serpentinfarne gelegene Serpentine dieselben vielfach nicht, so z. B. jene von Limoges, wo nach Milde (**97**, 11) nur *A. trichomanes* vorkommt, oder jene des Schwarzwaldes, der Vogesen, von Sterzing, Matrei und Prägratten in Tirol [vgl. Rosenbusch (**119**, 544)], des Wallis (Rosenbusch l. c.), des Heiligenbluter Tales [vgl. Stur (**136**, 64)], des Dunits vom Enzingerboden, Sprengkogel, Rettenkopf im Stubachtal in Salzburg [Rosenbusch, (**119**, 174)]? Vielleicht könnte man noch bei manchen dieser Lokalitäten die große Seehöhe — über 2000 *m* — verantwortlich machen. Aber auch in Niederösterreich trägt der Serpentin bei Waidhofen a. d. Ybbs sowie im Dunkelsteinerwald in geringer Seehöhe (vgl. Neilreich, **102**, XLVII und L) keine Serpentinfarne, ebensowenig sind solche vom Ötagebirge auf Euböa [wo nach Foetterle, G.R.A., 1855, I., p. 70, Serpentin auftritt] oder von Kleinasien, wo nach Frech (**32**, 166, 270—271) in Nordanatolien, am Amanus und Taurus dieses Gestein häufig ist, bekannt. In allen diesen Fällen müssen eben neben den edaphischen noch andere Faktoren in Frage kommen, wie eingangs betont. Fritsch gibt (**36**, 8, 9) für *Asplenium cuneifolium*, Böhmen, Mähren, Niederösterreich, Steiermark, Kärnten (?), für *A. adulterinum* nur Böhmen, Mähren, Steiermark an, trotzdem in Salzburg und Kärnten z. B. Serpentin gar nicht selten ist. Die eventuelle geringe Mächtigkeit desselben kann kein Grund sein, Serpentinpflanzen a priori auszuschließen, da nach Braun (**10**, 251) z. B am Manhartsberg *A. cuneifolium* gerade auf einem kleinen, isolierten Serpentinlager auftritt.

Im folgenden soll das Verhältnis der Serpentinform zur Normalform auch an einigen Blütenpflanzen beleuchtet werden. Die Stammform zu *Alyssum montanum b. Preißmanni* (Hay.) Baumg. ist *A. montanum* L. Letztere ist [nach Kerner (**66**, 253)] eine Kalkpflanze; erstere kommt auf Serpentin und Porphyr, im oberen Murtal, — vgl. Hayek (**46**, 508) — aber wohl auch auf anderem Gestein (Urgestein?) vor und Baumgartner (**4**, 29—30) meint, daß nur Serpentin, Porphyr, Trachyt und Grauwacke sie als Standortsvarietät hervorzubringen vermögen. Die Normalform von *Alyssum transsilvanicum* β *serpentinicum* ist *A. transsilvanicum*, das nach

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Hayek (**50,** 28) sonst im Murtale zwischen Bruck und Graz auf Kalk vorkommt, während ersteres nur auf Serpentin beobachtet wurde. Zur Serpentinform *Sempervivum hirtum* β *Hillebrandtii* (Schott.) Hay. vom Serpentin der Gulsen und vom Dunit des Wintergrabens gehört als Normalform *S. hirtum*, das nach Hayek (**46,** 693) meist auf Kalk vorkommt. Die Normalform des *Thymus praecox* β *spathulathus* Opiz vom Serpentin der Gulsen und bei Kirchdorf [nach Braun (**8,** 346) aber auch auf Schiefer!] ist *Th. praecox* Op., der nach Hayek (**47,** 290) vorzüglich Kalk besiedelt. Zu *Thymus lanuginosus* Mill. β *Kosteletzkyanus* (Opiz) H. Br. von Kraubath gehört als Normalform *Th. lanuginosus*, von Hayek (**50,** 29) als eine Art bezeichnet, die gleich voriger besonders auf Kalk zu finden ist. Dem *Dianthus tenuifolius* Schur. (beziehungsweise *D. Carthusianorum* var. *basalticus* Domin.), der von Serpentin, Dunit, Magnesit, Kalk und Basalt bekannt ist, entpricht als Normalform *D. Carthusianorum*, den Hayek (**50,** 23) wenigstens in der Waldstufe, allerdings als bodenvag, angibt, der aber doch, wie ich glaube, vielfach Kalk bevorzugt. Die von Janchen (**64,** 205) beschriebene Serpentinvarietät *Satureia montana* L. var. *serpentinica* nova var. hat als Stammform *S. montana* L., die dort (Skutari) auf Kalk wächst. Von *Asplenium adiantum nigrum* abgesehen (das entschieden nicht kalkhold ist), scheinen also Pflanzen, die sonst Kalk bevorzugen, weit häufiger und eher zur Abänderung auf Serpentin zu neigen als edaphisch anders eingestellte Arten.

Daß der Serpentin auch sonst unter bestimmten Umständen auffällig viele Kalkpflanzen beherbergt, wurde schon früher erwähnt. Wenn aber Hayek (**50,** 29) meint, »daß der Serpentin sich eben hinsichtlich seiner Flora als ein ‚kalkreiches' Gestein erweise, auf dem typische Kalkpflanzen, wie *Asplenium viride* und *Erica carpea* ebensogut gedeihen, wie auf reinem Kalkboden«, so ist dem entgegenzuhalten, daß der mittlere Kalkgehalt des Serpentins durchaus kein hoher, 3·5% (vgl. p. 33) ist, und speziell die steirischen Serpentine im Mittel nur 0·75% CaO führen! Aus dem früheren ergab sich der mittlere CaO-Gehalt anderer Gesteine, wie folgt: Magnesit (steirische) 1·59%, Granulit 1·04%, Granit 1·6%, Sandstein 0·47%, Kalk 49%, Mergel 25·7%, Diorit 7 1%, Porphyr 1%, Trachyt 2·97%, Grauwacke 0·62%, Basalt 9·61%. Gneis ergibt nach Rosenbusch (**119,** 485, Nr. 1, 4, 5, 12) ein Mittel von 2·27% CaO, der Glimmerschiefer (**119,** 513, Nr. 1, 4, 5, 7) von 2·32%, der Dolomit (vgl. p. 35) von 28·6%. Der mittlere CaO-Gehalt des Serpentins ist also größer als der der Urgesteine (Granit, Gneis, Glimmerschiefer), reicht an den des Trachytes nahe heran, bleibt aber hinter jenem des Basalts, Mergels, Dolomits und Kalks zurück. Ramann (**115,** 24) hat darauf hingewiesen, daß schon ein mäßiger Gehalt von etwa 2 bis 3% $CaCO_3$ (einem Mittel von 1·4% CaO entsprechend!) hinreicht, dem Boden genügend Kalk für chemische Wirkung zu geben und meint, daß es

in dieser Hinsicht gleichgültig sei, ob der Boden 2·5 oder 25% $CaCO_3$ enthalte. Auch nach Kraus (**77**, 19) hat man in der Pflanzengeographie schon einen Boden mit mindestens 2 bis 3% $CaCO_3$ als Kalkboden zu bezeichnen, dagegen einen solchen mit nur 1 bis 2% als Kieselboden. Der Serpentin verhält sich also in dieser Beziehung wie ein chemisch neutraler Boden, der noch genug CaO hat, um die Ansiedlung von Kalkpflanzen zu ermöglichen, und nicht zuviel, um die kalkfeindlichen Kieselpflanzen auszuschließen. Vielleicht spielt auch der Gehalt an Kali eine Rolle im Hinblick auf die als kalifeindlich gedeuteten Kalkpflanzen. Denn der Serpentin gehört zu den kaliärmsten Gesteinen (die meisten Analysen weisen K_2O überhaupt nicht aus!) ähnlich wie Kalk, Dolomit, Magnesit, wogegen z. B. der Granit, vgl. Rosenbusch (**119**, 78), meist 4 bis 6%, der Gneis (l. c. 485) 2 bis 6%, der Glimmerschiefer (l. c., 513) 2 bis 5%, der Granulit (l. c., 506) 3 bis 7% K_2O enthalten. Drude führt (**27**, 375) einen interessanten Fall an, indem auf Phonolith des Hohentwiel Kalk- und Silikatpflanzen nebeneinander wachsen *(Saxifraga Aizoon, — Calluna vulgaris)*. Die Analyse dieses Phonolithes ergibt nach Rosenbusch (**119**, 292, Nr. 6): 55% SiO_2, 0·13% MgO, 2·12% CaO, 3·54% K_2O. »Die Asche der *Calluna* ergab keine Spur von Kalk, aber neben viel SiO_2 auch viel MgO, jene der *Saxifraga* neben viel $CaCO_3$ nur wenig MgO; da sonst nach Wolff die Asche der *Calluna* überall Kalk enthält, vermutet Karrer (Beiträge zur Flora des Hegau), daß in diesem Fall die Magnesia dafür eingetreten sei.« (**27**, 375).

Ob die Kalkpflanzen in solchen Fällen dem ungewohnten Substrat die gleichen Mengen von CaO zu entziehen vermögen, wie sonst oder aber mit geringeren sich begnügen und ob, wie Kraus (**77**, 55) vermutet, Pflanzen mit sehr hohem Kalkbedürfnis ausgeschlossen sind, mag dahingestellt bleiben. Merkwürdig genug erscheint es mir immerhin, daß *Saxifraga Aizoon* mit dem relativ bedeutenden K_2O-Gehalt des Phonoliths sich abfindet! Was Kraus für die von ihm beobachteten Fälle von Heterotopie, — *Pulsatilla* und *Hippocrepis* auch auf völlig kalkfreiem Boden üppig gedeihend — (l. c., 58 und 62), hervorhebt, daß dies wohl vor allem durch eine weitgehende Übereinstimmung der physikalischen Eigenschaften der Böden bedingt sei, das gilt sicherlich auch in gewissem Grad für die Kalkflora des Serpentins und wurde gerade für dieses Gestein schon vor langer Zeit von Kerner (**65**, 63) gebührend betont, wenn er bezüglich der Kalkpflanzen des Gurhofer Serpentins [*Biscutella laevigata, Thlaspi montanum, Dorycnium suffruticosum, Euphorbia epithymoides* (= *E. polychroma* Kern.!)] sagt, es möge »dies als ein Beweis dienen, daß bei Produzierung einer Flora, die wir dieser oder jener Unterlage zuschreiben, wohl die physikalischen und andere Verhältnisse dieser Unterlage eine viel größere Rolle spielen, als der Chemismus derselben«. Als ein Beispiel einer Pflanze, die ebensogerne auf Kalk und Dolomit, wie auf Serpentin (letzteres in Serbien) vorkommt, sei auch *Daphne Blagayana* Freyer, nach Derganc (**22**, 176, 178 und **23**, 24) angeführt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

IV. Die Flora des Serpentins verglichen mit jener des Dolomits, der Bittersalz- und Galmeiböden.

Wie schon erwähnt, trägt der Dolomit keine Serpentinpflanzen, vielmehr, wie Hayek (**50,** 29—30) bemerkt, dieselbe Flora wie reiner Kalk. Demgegenüber nehmen aber doch manche Forscher die Existenz einer eigenen Dolomitflora, beziehungsweise dolomitsteter Arten an. So nennt Christ (**19,** 17) *Daphne petraea, Phyteuma comosum, Carex baldensis, Asplenium Seelosii* Leyb. dem Dolomit eigen und Linstow (**88,** 48) führt als Pflanzen, die gerne auf Dolomit wachsen, *Asplenium Seelosii* (Dolomitform des *A. septentrionale*), *Androsace Hausmanni* (Dolomitform von *A. glacialis*), *Cystopteris fragilis* var. *Huteri* Milde, *Plantago serpentina* Vill., *Sempervivum dolomiticum, Woodsia glabella* (Dolomitform von *W. alpina*), als dolomitstet in Mitteldeutschland das Moos *Timmia megapolitana*, nach Grebe, an. Man scheint auch in diesen Fällen die formative Wirkung als lediglich edaphisch bedingt aufzufassen, wenigstens sagt Christ (l. c., 20) mit Bezug auf die beiden Dolomitformen obiger Farne einerseits, die Serpentinformen von *Asplenium viride,* beziehungsweise *A. adiantum nigrum* anderseits: »Vielleicht ist es im Dolomit wie im Serpentin die ihnen gemeinsame Magnesia, welche auf die Farne einwirkt?«

Doch hat sich die Bodenstetigkeit der Dolomitpflanzen in den meisten Fällen als nicht allgemein gültig herausgestellt. So führt Warming (**152,** 67) an, daß Blytt es bezweifelt, ob die norwegische *Woodsia glabella* die Dolomitform von *W. alpina* sei, da sie auch auf Schiefer vorkomme. *Asplenium Seelosii* kommt nach Luerssen (**92,** 218) auch auf Kalk bei Pirkach in Kärnten [das Originalzitat in Pacher-Jabornegg (**106,** 88) sagt: dolomitischer Kalk], nach Christ (**19,** 180, 182) in den Pyrenäen auf mehr weniger dolomitischem Kalk vor. *Cystopteris fragilis* var. *Huteri* wird von Luerssen (**92,** 460) auch von Melaphyr bei Seis angegeben, *Plantago serpentina* nach Braun-Blanquet (**13,** 206) von kalkreichen und kalkarmen Gesteinen, Gips, Serpentin, *Carex baldensis,* nach vorigem (**12,** 11) von Kalkschutt, *Phyteuma comosum* nach Hegi (Illustr. Flora von Mitteleuropa, VI/1, 387) von Kalk und Dolomit; *Timmia megapolitana* wird von Limpricht (**87,** 580) von kalkhaltigen, sumpfigen Wiesen angeführt. Gerade das Beispiel des Dolomits, der trotz partieller chemischer (21% MgO!) und weitgehender physikalischer Übereinstimmung (trockenwarmer Boden!) mit dem Serpentin doch keine Serpentinformen zu erzeugen vermag und in seiner ganzen Pflanzendecke mit der Serpentinflora nicht mehr Ähnlichkeit hat, wie etwa der Kalk, lehrt eindringlich, wie die Bodenstetigkeit bisweilen weder mit Hilfe der chemischen, noch der physikalischen Theorie allein, ja selbst nicht einmal mittels der Kombination beider erklärt werden kann. Die Flora der Bittersalzböden soll deswegen hier kurz gestreift werden, weil auch hier im Substrat Magnesiumsalze eine nicht

unbedeutende Rolle spielen. So wittert nach Kerner (**67**, 286) aus dem Boden der ungarischen Tiefebene außer Chlornatrium, Soda, Calziumcarbonat auch Magnesiumcarbonat aus und Hayek (**49**, 478) führt auch $MgSO_4$ von dort an. Nach Woenig (**156**, 83) enthält das Wasser des Paliczer Sees bei Theresiopel u. a. Natrium- und Magnesiumcarbonat. Die formative Wirkung solcher Böden, wie sie sich speziell in den obligaten Halophyten äußert, geht sicherlich in erster Linie auf die vereinigte Wirkung von Natrium- und Magnesiumsalzen zurück. Auch reine Bittersalzböden rufen eine typische Halophytenvegetation hervor, wie das Beispiel des Epsom-Lake (U. S. A.) bezeugt, dessen aus reinem $MgSO_4$ bestehender Boden nach H. St. John und W. D. Courtney (**128**, 607—608) noch 14 Arten ernährt, die zum Teil auch in Deutschland auf Salzboden vorkommen, eine höchst bemerkenswerte Tatsache, die angesichts der von Loew festgestellten Giftigkeit des $MgSO_4$ [auch in sehr verdünnten Lösungen; der MgO-Gehalt von $MgSO_4$ beträgt aber nach Tschermak (**140**, 555) $16 \cdot 3\%$!] geradezu unfaßbar erscheint! Auf Serpentin wurde bisher kein einziger obligater Halophyt und umgekehrt auf Salzboden keine Serpentinpflanze gefunden. Doch mag immerhin erwähnt werden, daß es unter den fakultativen Bewohnern der Salzpuszten, die Woenig (l. c.) anführt, nicht wenige gibt, die auch auf Serpentin beobachtet wurden. So z. B. *Poa annua* L. [bei Kirchdorf und nach Pančič (**107**, 145) in Serbien], *Carex pilosa* Scop. im Gurhofgraben, nach Zermann (**159**, 28), *Medicago minima* und *Lotus corniculatus* [Serbien, nach Pančič (**107**, 142)], *Sedum album* (Kirchdorf!), *Sedum acre* (Kirchdorf, Kraubath, Serbien), *Euphorbia Gerardiana* Jacq. bei Mohelno in Mähren [nach Hayek (**49**, 245) ist nach Solms-Laubach (**132**, 107) eine kalkstete Pflanze!], *Linosyris vulgaris* DC. = *Aster linosyris* [nach Janchen (**64**, 236) bei Skodra].

Auch die Galmeiböden führen Magnesiumsalze, da, wie z. B. bei Aachen, Raibl u. a. O. Kohlengalmei (Zinkcarbonat) und Kieselgalmei (Zinksilikat), beides schwer lösliche Zinkerze, stets zusammen vorkommen, ersterem aber nach Tschermak (**140**, 444) stets Kalk und Dolomit, also $MgCO_3$, beziehungsweise MgO, wenn auch in geringen Mengen beigemischt ist. Die bekannten »Galmeipflanzen«, beziehungsweise »Galmeiformen«, *Viola calaminaria* Lej. (Normalform hiezu = *V lutea* Huds.) und *Thlaspi calaminarium* Lej. et Court (Normalform = *Th. alpestre* L.) wurden früher als ausschließliches Produkt des Zinkbodens angesehen. Die formative Veränderung besteht u. a. bei *V. calaminaria* in einer reicheren Verzweigung als bei der Normalform sowie in einer Verkleinerung der Korolle, während letztere bei *Thlaspi calaminarium* sich vergrößert, vgl. Schimper (**127**, 104—105). Tatsächlich findet auch bei beiden, analog wie bei Serpentinpflanzen, eine nicht unbedeutende Anreicherung, in diesem Falle von ZnO statt. So beträgt nach Schimper (**127**, 105) der Gehalt an ZnO in der Blattasche von *Thlaspi calaminarium* 12%, der Zinkgehalt (ZnO?) der

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Wurzeln 1·66%, der Stengel 3·28%, der Blüte 3·24%, während die Wurzel von *Viola calaminaria* 1·52% enthält. [Der ZnO-Gehalt des Zinkcarbonats beträgt, nach Tschermak (**140**, 443) 64·8%, des Zinksilikates (l. c., 508) 67·5%]. Nach Czapek (**20**, 857) enthält die Blattasche von *Thlaspi alpestre* (wohl *Th. calaminarium!*) 13·12% ZnO. Schimper (**127**, 104—105) gibt an, daß auch *Armeria vulgaris* bei Aachen an Galmeiboden gebunden sei und in der Asche der Wurzel 3·58% Zink (ZnO?) enthalte. (Nach Linstow (**88**, 53) kommt dort *Armeria Halleri*, eine Form der *A. vulgaris* vor]. Da gerade *A. vulgaris* nicht selten auch auf Serpentin beobachtet wird (Kraubath, Mohelno!) wäre es doppelt interessant, zu erfahren, wie sie sich in bezug auf die MgO-Speicherung auf beiden Substraten verhält! Man beachte auch die interessante Parallele, daß *Viola calaminaria* und *Thlaspi calaminarium* bei Aachen auf einem Gemisch von Zinkkarbonat und Zinksilikat wachsen und vielleicht jede dieser Verbindungen im Vereine mit anderen Faktoren in ähnlicher Weise Galmeipflanzen zu erzeugen imstande ist, wie Magnesiumkarbonat (Magnesit) und Magnesiumsilikat (Serpentin) Serpentinpflanzen! Nach Schimper (l. c.) ist bei Aachen auch an den zinkreichsten Stellen *Silene inflata* var. *glaberrima* sehr üppig (vgl. *Silene inflata* var. *glauca* von Kraubath und Kirchdorf.) Bei Raibl kommen auf Galmeiboden *Thlaspi cepeaefolium* Koch (vgl. Hayek, **49**, 20) und *Molinia altissima* = *M. arundinacia* Schrk. (vgl. Linstow **88**, 55) vor. Ersteres wird von Hayek auch als Galmeiform bezeichnet, von Kerner (**66**, 253) aber im Schiefergebirge angeführt. *Molinia coerulea* Mnch. wurde von Conrath (**18**, 330) auch auf Serpentin in Bosnien gefunden. *Molinia altissima* von Raibl enthält nach Czapek (**20**, 857) in der Asche 0·265% Zink (ZnO?).

Jensch hat bei *Tussilago Farfara* von Galmeiboden (Tarnowitz) im Blattstiele 3·26% $ZnCO_3$ (= 2·11% ZnO), im Stengel von *Polygonum aviculare* (von ebendort) 2·86% $ZnCO_3$ (= 1·85% ZnO) gefunden (vgl. Czapek l. c.). Man beachte die Parallele mit den Serpentinpflanzen! Auch hier enthalten nicht nur die »Galmeiformen«, sondern auch andere, sie begleitende, nicht abändernde Pflanzen beträchtliche Mengen ZnO. Überdies ist, nach Hegi (Illustr. Flora von Mitteleuropa, Bd. V/1, 608), *Viola calaminaria* nicht strenge an Zinkboden gebunden! So ist es wohl nicht verwunderlich, wenn Zweifel laut wurden, ob wirklich das ZnO die Ursache der Formänderung sei, zumal schon die von H. Hoffmann 1867 bis 1872 durchgeführten Kulturversuche (**58**, 268) mit *Thlaspi alpestre* keine Verschiedenheit, auch nicht an den Blüten ergaben, vgl. auch Czapek (**20**, 858). Während Warming (**152**, 66) die Substratwirkung auf *Viola lutea*, als wahrscheinlich annimmt, meint Solms-Laubach (**132**, 54), daß die Konstanz beider Galmei-Arten wohl erst geprüft werden müsse und ihre Beziehungen zum Boden noch genauere Studien erfordern. Schimper allerdings (**127**, 106) faßt auch jetzt noch die Galmeipflanzen, ebenso wie die Serpentinpflanzen

und sogar die Kalkpflanzen nur als Fälle der allgemeinen Erscheinung auf, »daß Pflanzen, die große Mengen eines Stoffes ertragen, dadurch in ihrem Stoffwechsel beeinflußt und strukturell verändert werden«. Winkler dagegen (**155,** 643) betont, daß die Angaben, nach welchen das Vorhandensein bestimmter Stoffe im Boden die Ausbildung besonderer, morphologisch abweichender Formen zur Folge haben soll (Zinkpflanzen! Serpentinpflanzen!), sich als irrtümlich herausgestellt haben.« Die Beziehungen von Galmeiform und Normalform mögen hier nur kurz gestreift werden. Die Stammform der *Viola calaminaria* Lej. ist *V. lutea* Huds.; nach Hegi (Illustr. Flora, Bd. V/1, 607), ist die typische Unterart in der Tatra, den Sudeten, Rottenmanner Tauern (Bösenstein!), Vogesen — in diesen Fällen wohl durchwegs auf Urgestein! — aber auch in den helvetischen Kalkalpen zu finden. Derganc (**23,** 24) führt sie auch von Serpentin aus Serbien an. *Thlaspi alpestre* L., die Stammform zu *Th. calaminarium,* ist nach Kerner (**66,** 254) die Parallelform (auf kalklosem Boden) zu dem kalkbewohnenden *Thl. montanum.* Nach Hayek kommt *Th. alpestre* in unseren Breiten gerne, aber nicht ausschließlich auf Serpentin vor (**49,** 20), und Beck (**6,** 267) führt sie auch von Mittelbosnien auf diesem Gestein an. Das in der Gulsen auf Serpentin wachsende *Thlaspi silvestre* Jord. = *Thl. alpestre* Maly gibt Hayek (**46,** 542) auch für die Mugel (also Urgestein) und das Gesäuse (also Kalk) an.

V. Morphologische und biologische Abänderungen der Serpentinpflanzen gegenüber den Normalformen sowie gegenüber der Kalkflora.

Sadebeck (**126,** 78—79) kommt auf Grund seiner Versuche zur Ansicht, daß — bei den beiden Serpentinfarnen — durch den Einfluß des Substrates nicht nur Veränderungen morphologischer, sondern, wenigstens bei *Asplenium adiantum nigrum,* auch biologischer Art hervorgerufen werden. Zu ersteren würde der Verlust des Silberglanzes der Wedel von *A. cuneifolium* (gegenüber *A. adiantum nigrum*), zu letzteren der Verlust der Fähigkeit derselben, zu überwintern, gehören. Ich kann mich dieser Ansicht Sadebecks mit Rücksicht auf die früher vorgebrachten mannigfachen Bedenken und Einwände keineswegs bedingungslos anschließen, halte aber immerhin eine edaphische Bewirkung in dieser Richtung nicht für ausgeschlossen. Ob auf eine solche auch die von *Asplenium viride* abweichende Färbung der Rhachis bei *A. adulterinum* zurückzuführen sei, wage ich nicht zu beantworten. (Über die Stellung und Form der Fiedern des *A. adulterinum,* als Insolationseffekt siehe I, p. 393, 401.) Man muß, glaube ich, in dieser Hinsicht sehr vorsichtig sein und alle in Betracht kommenden Faktoren wohl gegeneinander abwägen. Wie steht es nun mit der Abänderung der Blütenpflanzen auf Serpentin? Für *Dianthus tenuifolius* Schur. wird gegenüber der Stammform (*D. carthusianorum*)

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

reichlichere Verzweigung, darniederliegender Wuchs, bläuliche Bereifung des Kelches und oberen Stengelteiles, letzteres von Preißmann (**111,** 261) angegeben. Doch ist zu bemerken, daß diese Änderungen nicht nur auf Serpentin, sondern auch auf den übrigen Substraten der Pflanze gleichmäßig auftreten. Was speziell den Blauglanz betrifft, so hat er am allerwenigsten mit dem Serpentin selbst etwas zu tun, wenn es auch bezeichnend ist, daß damit (auch sonst) begabte Arten oder Formen in der Serpentinflora eine nicht unbedeutende Rolle spielen [z. B. *Dianthus deltoides* var. *glaucus* L., auf Serpentin bei Bernstein, nach Braun (**9,** 30)], *Poa badensis* Haenke var. *glaucescens* von Skutari nach Janchen (**64,** 249), *Silene bosniaca* bei Kirchdorf und Kraubath nach Hayek (**46,** 337) u. a.]. Öfters wird die abweichende Gestalt und Tracht der Blätter bei Pflanzen des Serpentinbodens hervorgehoben. So bei obiger Varietät der *Poa badensis,* — »schmale Blätter« (l. c.) —, *Teucrium montanum* L., — »auffallend schmale, zum Teil lineare Blätter, der var. *supinum* (L.) Becks, entsprechend« von Skutari nach Janchen (**64,** 202), — *Hypericum perforatum* L., — »vorherrschend in der *var. microphyllum DC* (= *H. veronense* Schrank), Blätter klein, schmal, am Rand stark umgerollt« (**64,** 168). Nach Stur (**136,** 31) hat *Phaca australis* von Serpentin bei Windisch-Matrei stark behaarte, auf Kalkglimmerschiefer fast kahle Blätter, und Pančič (**107,** 147) betont, daß bei den zahlreichen, auf den Serpentinbergen Serbiens auftretenden kalkholden Arten, die »Behaarung (wenn eine solche vorhanden) immer dichter und länger ist als auf Kalk.« Es ist klar, daß auch diese Modifikationen nicht auf den Serpentin als solchen zurückgehen. Auch die gelegentliche Änderung der Blütenfarbe hat man mit dem Boden in Verbindung gebracht. So berichtet Stur (**136,** 64), daß *Gentiana (vulgo) nana (non) Wulf* auf dem Serpentin des Ganazberges bei Windisch-Matrei weiße Blüten hat, während sie auf Kalkglimmerschiefer und Chloritschiefer blau blüht und neuestens führt Janchen (**64,** 205) die violettrote Blütenfarbe der *Satureia montana* L. var. *serpentinica nov. var* vom Serpentin bei Skutari auf dieses Substrat zurück, da *S. montana* dort auf Kalk fast stets weiß blühe. In beiden Fällen wäre diese angenommene Wirkung des Substrates wohl erst experimentell zu überprüfen!

Zu den biologischen, bei Blütenpflanzen des Serpentins beobachteten Veränderungen gehört auch die Verschiebung der Blütezeit bei *Alyssum transsilvanicum forma nova serpentinicum* und *A. montanum b. Preißmanni,* für welche Baumgartner in beiden Fällen das Substrat (bei letzterem allerdings außer Serpentin auch noch andere Bodenarten!) verantwortlich macht. — Die von Pančič (**107,** 147) vertretene Ansicht, »daß die Spärlichkeit der Blüten der kalkholden Pflanzen auf Serpentin in Serbien darauf zurückgehe, daß sie hier nur das Minimum des unentbehrlichen Kalkes aus dem Boden schöpfen, eine Menge, die nicht genüge, um alle Vegetationsphasen naturgemäß zum Ablaufe zu bringen«,

halte ich höchstens für lokal berechtigt, da z. B. *Dianthus tenuifolius* Schur. auf dem Serpentin des Lärchkogels ungemein reich blüht und dasselbe für *Potentilla arenaria* und viele andere Arten des Serpentins von Kirchdorf gilt. Auch die Auffassung Hofmann's (**57**, 216, 233), daß bei der beginnenden Anpassung von *Asplenium viride* an das Serpentinsubstrat zunächst Störungen im Lebensprozesse auftreten, die als Sterilität in Erscheinung treten, — diese Zwischenphase werde durch die Zöblitzer Zwischenform mit durchwegs abortierten Sporen repräsentiert, — kann ich nicht uneingeschränkt zu meiner eigenen machen, da auf diese Weise doch die endgültige Anpassung, beziehungsweise Umwandlung in *A. adulterinum* recht in Frage gestellt, beziehungsweise nur im Wege der vegetativen Vermehrung der Zwischenform möglich wäre, es sei denn, deren Sterilität werde mit der Zeit wieder behoben (eine Möglichkeit, auf welche mich Hofrat Prof. Dr. Fritsch aufmerksam machte).

Dagegen halte ich die Deutung des oft schlaffen, niederliegenden Wuchses der Serpentinpflanzen (speziell der kalkholden) durch Pančič (**107**, 147) als Mittel, um die dem Boden mangelnde Feuchtigkeit aus der Luft zu schöpfen, für — fallweise — berechtigt. Kerner (**66**, 254—255) und nach ihm Warming (**152**, 66) haben hervorgehoben, daß, wenigstens soweit es sich um Parallelformen handelt, die Pflanzen des kalklosen Bodens wenig behaart, fast kahl, grasgrün gefärbt und ihre Blätter wenig zerteilt sind, während jene des Kalkbodens reichliche und dichte, oft graufilzige Behaarung aufweisen, ihre Blätter oft bläulichgrün gefärbt und tief geteilt sind. In ähnlicher Weise scheinen sich zumeist die Serpentinformen (der Blütenpflanzen) gegenüber den Normalformen zu verhalten, speziell, wenn es sich um Kalkpflanzen oder thermophile Arten handelt, die von Kalk auf Serpentin übertreten, so daß man — in dieser Hinsicht — nicht ohne eine gewisse Berechtigung sagen kann, die Tracht der Serpentinflora sei die einer Kalkflora in gesteigertem Maße. Stärkere Behaarung, kleine Blätter, bläuliche Bereifung sind aber doch wohl nichts anderes als ausgesprochene Charaktere xerophiler, beziehungsweise thermophiler Pflanzen, Einrichtungen zur Herabsetzung der Transspiration, Ausdruck der Anpassung an den geringen Wassergehalt des Bodens und der Luft sowie an die hohe Wärme des Substrates, vielfach durch den Grad der Insolation bedingt und als solche zwar auf Serpentin, aber auch auf Kalk gleich häufig und auch auf anderem Substrat in entsprechender Exposition (Südlage!) keineswegs ausgeschlossen.

Kleine sowie stark zerteilte Blätter sind nach Wiesner (Bemerkungen über den Zusammenhang von Blattgestalt und Lichtgenuß, W. A. W. Referat in Ö. b. Z., 1909, p. 125) vielfach auch Zeichen eines hohen Lichtgenusses, speziell eines hochgelegenen Minimums desselben. Im Zusammenhange mit den von mir nachgewiesenen höheren Werten des Lichtgenusses, beziehungsweise

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

des Minimums einiger Serpentinformen gegenüber den Normalformen, wäre es eine dankenswerte Aufgabe, diesbezüglich auch den Lichtgenuß der echten Vikaristen auf Kalk und Urgestein sowie der Pseudo-Vikaristen auf breiter Basis zu überprüfen. Die wenigen Untersuchungen, die ich in dieser Richtung bereits angestellt habe, berechtigen natürlich noch nicht zu allgemeinen Schlüssen, lassen es aber nicht unwahrscheinlich erscheinen, daß der Lichtgenuß der Kalkform öfter den der Urgesteinsform übertrifft. So ist der Lichtgenuß von *Nephrodium Robertianum* (Kalkform) nach meinen Beobachtungen (**81,** 10) $L = \frac{1}{1 \cdot 2}$ bis $\frac{1}{30}$, beziehungsweise $\frac{1}{52}$ (in Höhlen), von *N. dryopteris* (Urgesteinsform) aber $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{57}$. *Rhododendron hirsutum* fand ich (**83,** 6) im Legföhrenwald blühend bis $L = \frac{1}{8}$, in Höhlen blütenlos bis $\frac{1}{12}$, während das Maximum $L = 1$ erreicht; der Lichtgenuß beträgt demnach $L = 1 - \frac{1}{8}\left(\frac{1}{12}\right)$. *Rhododendron ferrugineum* dagegen traf ich sowohl im Legföhren- und Grünerlengebüsch (**83,** 6, 7, 26), als auch im Zirbenwald (**86,** 22) bis $\frac{1}{14}$ herab noch blühend an; da sein Maximum ebenfalls $L = 1$ erreicht, ist der Lichtgenuß $L = 1 - \frac{1}{14}$. Wie allgemein bekannt und von Schröter (**129,** 189) neuerdings betont, zieht *Rh. hirsutum* sonnige, offene, trockene Standorte vor, *Rh. ferrugineum* feuchte, schattige, besonders in Nordlage und ist auch die verbreitertere Art. *Erica carnea* liebt nach Schröter (**129,** 214) ebenfalls sonnigere Lagen, stellt nach Kirchner-Loew-Schröter (**71,** 143) an Lichtgenuß aber keine besonders hohen Anforderungen. Eigene Beobachtungen ergaben für dieselbe (**83,** 6, 7, 14) im Legföhrengebüsch ein Minimum von $L = \frac{1}{6}$, blütenlos bis $\frac{1}{20}$. Im April 1926 habe ich *Erica carnea* auch am Wege von St. Veit auf die hohe Rannach bei Graz auf Kalk blühend unter Kiefer noch bei $\frac{1}{9}$ angetroffen. Da das Maximum $L = 1$ erreicht, ist der Lichtgenuß $L = 1 - \frac{1}{9}\left(\frac{1}{20}\right)$. *Calluna vulgaris* hat nach Wiesner (**154,** 164) einen Lichtgenuß von $L = 1 - \frac{1}{10}$, Kirchner-Loew-Schröter

(71, 129) bezeichnen sie als gewöhnlich sehr lichtbedürftig, wogegen Stebler und Volkart [nach Wiesner (**154**, 295)] *Calluna* und *Erica* zu den »lichtliebenden bis lichtmeidenden Arten« rechnen. Ich habe den Lichtgenuß von *Calluna* schon seinerzeit im Grünerlengebüsch auf der Platte bei Graz (**83**, 27) untersucht und die Pflanze vegetativ dort noch bei $L = \frac{1}{60}$ angetroffen. Den Lichtgenuß blühender Exemplare überprüfte ich im Herbste 1925 am Rosenberge und bei Andritz. Am Nordhange und am Rücken ersterer Lokalität (nächst dem Stoffbauer) blühte *Calluna* zwischen $L = 1 - \frac{1}{24}$, wogegen im Schatten von Eiche, Edelkastanie und Grünerle, bei $\frac{1}{30}$ nur mehr wenige, verkümmerte Blüten zur Entwicklung gelangten. Bei Andritz, in einem Kiefernwäldchen (in Nordlage) blühte *Calluna* unter konstanten Beleuchtungsverhältnissen zwischen $L = \frac{1}{12} - \frac{1}{15}$.

Der Lichtgenuß von *Calluna vulgaris* wäre demnach mit $L = 1 - \frac{1}{24}\left(\frac{1}{30}\right)$ für die Blüte und bis $\frac{1}{60}$ für den vegetativen Zustand anzunehmen.

In allen diesen drei angeführten Fällen hat die Urgesteinspflanze ein tiefer gelegenes Minimum, eine größere Breite des Lichtgenusses und eine allgemeinere Verbreitung als die korrespondierende Kalkpflanze! Interessant wäre es in dieser Hinsicht auch das Verhalten von *Gentiana Clusii* und *G. Kochiana* kennen zu lernen! Trifft diese hier aufgezeigte Relation zwischen Lichtgenuß und Substrat (innerhalb der eingangs angedeuteten Gruppen) wirklich allgemeiner zu, so erfordert sie umsomehr auch eine Erklärung. Den Versuch einer solchen möge nachfolgende Überlegung bilden. Höherer Lichtgenuß bringt erhöhte Transpiration mit sich. Diese führt zu einer gesteigerten, beziehungsweise geregelten Wasserdurchströmung, welche besonders dort notwendig ist, wo der Boden arm an Nährsalzen und die Wasserzufuhr gering oder erschwert ist. Zu solchen Böden gehört aber — neben Kalk [der nur, wenn tonreich, nach Ramann (**114**, 214—215) nährstoffreiche Böden liefert] und Dolomit [der nach demselben Autor (l. c., 103) ebenfalls sehr erdarme Böden liefert] — auch der Serpentin (wenn typisch dysgeogen), der Boden des Hochmoores und der Heide. Speziell die Pflanzen der beiden letztgenannten Böden, beziehungsweise Formationen haben ja alle einen hohen Lichtgenuß. Der hohe Lichtgenuß, beziehungsweise das Aufsuchen der freien Exposition bietet in allen diesen Fällen den hohen Vorteil, daß dadurch die Wasserbilanz und damit die Nährstoffzufuhr in geregelter Form aufrechterhalten wird. Natürlich darf dabei der Wert der Transpiration

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

ein gewisses Maß nicht überschreiten, da ja das Wasser schwer ersetzt werden kann. Dafür ist aber durch die Kleinheit der Blätter, die reichlichere Behaarung, die Bereifung usw. gesorgt. Anders bei Pflanzen, die auf nährstoffreichem, feuchtem, eugeogenem Substrat, z. B. Urgesteinsböden wachsen, daher keine hohe Wasserbilanz brauchen, die einerseits eine weitgehende Einschränkung ihres Lichtgenusses nach unten (beziehungsweise eine tiefere Lage des Minimums) ohne Schaden zu ertragen vermögen, anderseits aber auch hohe Intensitäten verwerten können, da ja das Wasser wieder rasch ersetzt wird, weshalb sie auch ausgedehnterer Transpirationsschutzmittel entbehren. — Es wäre gar nicht unmöglich, daß gerade bei den Serpentinpflanzen, beziehungsweise Serpentinformen der höhere Lichtgenuß gegenüber den Stammformen ein integrierendes Moment nicht nur für ihr optimales Gedeihen und die Fernhaltung der Konkurrenz bildet, sondern auch bei ihrer Entstehung mitbeteiligt war, ein notwendiges Glied in jener Kette von Faktoren bildete, welche die formative Abänderung herbeiführten. Sagt doch auch Vierhapper (**143**, 11) z. B. über den Ursprung der Vikaristen, daß es sich dabei um innige Wechselbeziehungen und Korrelationen zwischen den Sippen und den sie beeinflussenden Faktoren handle, die z. B. beim lokalen Vikarismus (*Rhododendron*-Arten, *Gentiana*-Arten) entweder edaphischer Natur oder Lichtwirkungen sind. »Indem das Wesen der Stammsippen durch die verschiedenen Faktoren verschieden alteriert wird, finden Umprägungen zu neuen, divergenten Formen statt.«

Und (l. c. 6), betont er ausdrücklich, daß auch Unterschiede in der Beleuchtung den Anlaß zum Auftreten lokal vikarierender Sippen (z. B. Licht- und Schattenformen von *Poa nemoralis*) bilden und neben ihnen vielleicht Differenzen des Substrates für das Zustandekommen solcher Formen verantwortlich zu machen sind.

VI. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Serpentinbodens.

Eine diesbezügliche Zusammenstellung erscheint mir umso notwendiger, als ich eine solche in der ganzen, von mir durchgesehenen Literatur völlig vermisse. Serpentine sind in den meisten Fällen aus Olivingesteinen, manchmal auch aus Hornblende- und Pyroxengesteinen hervorgegangene Bildungen, deren bezeichnendster Bestandteil ein wasserhaltiges Magnesiumsilikat ist. Man kann sich, nach Tschermak (**140**, 309) die Umwandlung des Olivins in Serpentin durch folgende Gleichung veranschaulichen: $2\,Mg_2SiO_4 + + CO_2 + H_2O = H_4Mg_3Si_2O_9$ (Serpentin) $+ MgCO_3$ (Magnesit). Da aber der Olivin auch Eisensilikat (Fe_2SiO_4) führt, ist dem Serpentin stets auch eine entsprechende Menge wasserhältigen Eisensilikates ($H_4Fe_3Si_2O_9$) beigemischt. Über den (mittleren) Gehalt an MgO, CaO, SiO_2, K_2O wurde schon früher berichtet. Phosphor (in Form von Apatit) ist stets nur in kleinen Mengen vorhanden oder nicht nach-

weisbar. Mit Recht wird der Serpentin im allgemeinen zu den ärmsten und dem Pflanzenwuchse am ungünstigsten Böden gerechnet und Solms-Laubach (**132,** 85) sagt, daß dies z. B. eine Exkursion auf den Monte Ferrato bei Prato in Toskana in anschaulichster Weise zeige. Zu diesem Standorte wäre noch zu bemerken, daß nach Rosenbusch (**119,** 160, 172) dort Wehrlit (ein Diallagperidotit) mit Gabbro innig vergesellschaftet, in stark serpentinisiertem Zustande auftritt [die Analyse des ebenfalls stark serpentinisierten Wehrlites von Frankenstein, vgl. Rosenbusch (**119,** 169, Nr. 8) ergibt: $38 \cdot 62\%$ SiO_2, $29 \cdot 6\%$ MgO, $4 \cdot 61\%$ CaO, $Na_2O + K_2O = 1 \cdot 2\%$]. Hochstetter (**56,** 28) hebt die Unfruchtbarkeit des mageren, wasserarmen Serpentinbodens im Gegensatze zur fruchtbaren Dammerde, die der Granulit liefert, hervor, wie sie im südlichen Böhmen zu beobachten sei, wo große Stellen des Serpentins der Vegetation völlig entbehren. Auch Suess (**138,** 57—59) betont die Unfruchtbarkeit des Serpentins der böhmischen Masse, dem der Feldbau aus dem Wege gehe, während aber doch da und dort Wald ihn bestocke. Drude (**27,** 401) sagt, daß der Serpentin in den Alpen durch eine auffallende Verödung ausgezeichnet sei (nach Christ, Pflanzenleben der Schweiz, p. 299) und vegetationslose, spärlich mit rostroten Flechten besetzte Abhänge bilde. Es wäre aber, wie ich betonen möchte, durchaus unrichtig, diese lokale Vegetationsfeindlichkeit des Serpentins zu verallgemeinern. In vielen Fällen mag sie allerdings, besonders bei dauernder Wasserarmut, eine primäre und dauernde Erscheinung (z. B. an Steilhängen und im Trümmerschutte desselben) sein, in anderen aber sekundär infolge der Abrutschung des losen Gesteins, der Abschwemmung der Erde und im Gefolge der Abholzung sich entwickelt haben.

Schon Pančič (**107,** 139) hebt bei Besprechung der mittelserbischen Serpentine hervor, daß diese Berge einst durchaus bewaldet waren, und betont, daß mit Bäumen bewachsener Serpentinboden sich bald mit einer ziemlich dichten Grasnarbe bedecke, wodurch das darunter liegende, stets feucht gehaltene Gestein bis zu bedeutender Tiefe in einen lehmartigen, der Waldkultur günstigen Boden verwandelt werde, während der Serpentin dort, wo er einmal entblößt wurde, hartnäckig der weiteren Zersetzung widerstehe. Besonders der Sumach (*Rhus cotinus*) sei als Pionier der Waldbildung zu bezeichnen, weil er ein dichtes Gestrüpp bilde, in dessen Schatten sich Kräuter ansiedeln, die dem Rutschen des losen Gesteins Grenzen setzen und mit der Zeit so viel Humus erzeugen, daß endlich Eichen wachsen können. Unzweifelhaft gehört Serpentin zu den am schwersten verwitternden, schwerst löslichen (wegen der Schwerlöslichkeit des Magnesiumsilikates!) Gesteinen. Trotzdem wird natürlich auch er mit der Zeit unter dem Einflusse der Atmosphärilien zersetzt. Die Verwitterung geht nach Redlich (**116,** 302) im Sinne folgender Gleichung vor sich: $H_4Mg_2Si_2O_9$ (Serpentin) $+ 2\,H_2O + 3\,CO_2 = 3\,MgCO_3$ (Magnesit) $+ 2\,SiO_2 + 4\,H_2O$ (wobei zu-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

nächst nur das Magnesiumsilikat berücksichtigt ist). So erklärt sich auch das häufige Zusammenvorkommen von Serpentin und Magnesit, wie z. B. bei Kraubath. [Die Bildung dieses zu den Gelen gehörigen amorphen Magnesites (der als solcher von den krystallisierten Magnesiten — auch in seiner Entstehung — wohl zu unterscheiden ist) erfolgt nach Redlich (l. c.) in der obersten Zone des Serpentins, beziehungsweise Olivins nur spärlich, da er gegenüber dem Eisenhydrid weit leichter löslich ist und weggeführt wird, während dieses als rostroter Überzug zurückbleibt. Erst in einer Tiefe von etwa 0·5 *m* unter der Oberfläche bilden sich einerseits Magnesit, anderseits Magnesiasilikate, die fast alles Eisen des Serpentins in sich aufgenommen haben.]

Nach Ramann (**114,** 16) entstehen allgemein bei der Verwitterung MgO-haltiger Gesteine einerseits unlösliche Verwitterungsprodukte (wasserhaltige Magnesiasilikate), anderseits lösliche (wie die Karbonate, beziehungsweise Bikarbonate des Calciums, Magnesiums usw.). Ob dabei auch $MgSO_4$ [das nach Kerner (**68,** 59) fast überall im Boden und Wasser nachweisbar ist] als primäre Bildung auftritt, bleibt dahingestellt. Möglicherweise erscheint es erst sekundär, im Wege der Umsetzung aus dem Magnesiumkarbonate, im Boden. Ich halte diese Erörterung deswegen nicht für überflüssig, weil einerseits das $MgSO_4$ wegen seiner viel leichteren Löslichkeit gegenüber dem $MgCO_3$ [1 Teil $MgSO_4$ löst sich nach Linstow (**88,** 51) schon in 2 Teilen H_2O bei 0°, wogegen von $MgCO_3$ — nach Dölter (**26,** 210) — erst in 10.000 mit CO_2 gesättigten Teilen Wasser von 18° sich 1 15 Teile lösen] für die Pflanze in erster Linie als MgO-Quelle in Betracht käme, anderseits aber hiezu im Hinblicke auf seine viel ausgesprochenere Giftwirkung (bei Abwesenheit von Kalksalzen) gegenüber dem Karbonate — man vergleiche in dieser Hinsicht die Ergebnisse von Loew (**90,** 491) und (**89,** 382) — weit weniger geeignet erscheint. Daß in Nährsalzlösungen durchwegs $MgSO_4$ verwendet, beziehungsweise von der Pflanze verwertet wird, schließt natürlich die Möglichkeit der Verwertung des Karbonates, beziehungsweise Bikarbonates durch die Pflanze in der Natur nicht aus. Übrigens hat ja Loew bei seinen Versuchen über die Giftwirkung der Magnesiasalze ja auch Magnesiumnitrat und Magnesiumbikarbonat als Magnesiaquellen verwendet.

Schließlich ist es wohl überhaupt gleichgültig, ob die Magnesiaaufnahme in dieser oder jener Form erfolgt, da in beiden Fällen offenbar, so wie dies Czapek (**20,** 858) für die Zinkpflanzen annimmt (für welche schon 1 bis 5 *mg* $ZnSO_4$ im Liter den Grenzwert der toxischen Wirkung darstellt), wohl auch bei den Serpentinpflanzen »bestimmte Schutzeinrichtungen vorhanden sind, welche eine Berührung des Plasmas mit schädlichen Konzentrationen hintanhalten«, und auch die Magnesia »nur in außerordentlich verdünnten Lösungen von den Wurzeln aufgenommen und dann erst in zweckentsprechender Weise gespeichert wird.« [Die Knop'sche Nährsalz-

lösung enthält neben anderen Nährstoffen 1 *g* Ca $(NO_3)_2$ und 0·25 *g* $MgSO_4$ in 1 *l* H_2O. Der Gesamtnährsalzgehalt ist zirka $2^0/_{00}$, der Anteil des $MgSO_4$ allein macht $0{\cdot}25^0/_{00}$ aus. Nach Loew übt bei Abwesenheit von Kalksalzen eine $1^0/_{00}$-, ja selbst noch eine $0{\cdot}2^0/_{00}$-Lösung von $MgSO_4$ auf Spirogyra eine bald tödliche Wirkung aus, — vgl. (**89**, 381) und (**90**, 491)]. — Gehen wir nun auf die physikalischen Eigenschaften des Serpentinbodens über! Serpentin ist meist dunkelfarbig. Solcher Boden erwärmt sich leichter und schneller als heller, kühlt nachts allerdings auch schneller aus, aber doch wohl nicht so weit wie dieser. Auch die Zerklüftung, wie überhaupt die ganze Oberflächengestaltung des Serpentins, schaffen in den meisten Fällen einen trockenen, warmen Standort. Sein Wärmeleitungsvermögen ist ziemlich groß. Nach Rinne (**118**, 109) beträgt es, — wenn jenes von Marmor aus den Pyrenäen = 1000 gesetzt wird, — 676 (sächsischer Serpentin); im Vergleiche damit ist jenes des Sandsteins (von Strehlen) 701, von Karraramarmor 769, von Ton nur 275. Die spezifische Wärme des Serpentins, — maßgebend für die aufgenommene und wieder abgegebene Wärmemenge, — ist, nach Rinne (l. c.) = 0·243, jene von Trachyt 0·208, von Dolomit 0·245, von Sandstein 0·215, von Basalt 0·198, von Granit 0·194. Mit Rücksicht auf alle diese Momente, wie besonders im Hinblicke auf seine schwere Zersetzbarkeit und die groben, — psammogenen — Verwitterungsprodukte (Trümmer, grober Schutt), die er liefert (wodurch gleichfalls Wärme und Trockenheit gefördert wird), sowie mit Rücksicht auf seine Nährstoffarmut kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß Serpentin sich vielfach wie ein ausgesprochen dysgeogenes Substrat verhält, magere, trockenwarme Böden liefert, die anspruchslosen, xerophil veranlagten und thermophilen Pflanzen besonders zusagen, in dieser Hinsicht also dem Kalke stark ähnelt, ja ihn vielleicht noch übertrifft. Während Serpentin also in chemischer Hinsicht immerhin bis zu einem gewissen Grade (speziell in bezug auf seinen CaO-Gehalt) eine Art Mittelstellung zwischen den Silikaten und Karbonaten, beziehungsweise dem Urgesteins- und Kalkboden einnimmt, trifft dies in physikalischer Hinsicht nicht zu.

Doch darf, was in der Regel — wenigstens in der Pflanzengeographie — viel zu wenig beachtet wird, nicht vergessen werden, daß ein- und dasselbe Gestein einmal einen dysgeogenen, ein andermal wieder einen eugeogenen Charakter tragen kann. Ramann (**114**, 214—215) z. B. betont, daß es leicht, mittelschwer und schwer verwitternde Granite, Gneise und Grauwacken gebe. Grobkörnige, feldspatreiche Granite verwittern nach ihm zu meist kalkarmen, tiefgründigen, feinkörnige schwer zu flachgründigen, armen Böden. Übrigens fehlt es in der Literatur auch hinsichtlich der Bewertung ein und desselben Gesteins nicht an Widersprüchen, indem z. B. Ramann (l. c.) den Quadersandstein als sehr schwer zu mageren, armen Böden verwitternd bezeichnet, während Rinne (**118**, 247) dasselbe Gestein als infolge seiner bankigen Struktur

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

und Klüftung als leicht verwitternd hinstellt. Kalkreiche Böden gelten im allgemeinen als trocken, warm, dysgeogen, wogegen eugeogene, feuchte, kühle Böden oft kalkarm sind [vgl. Rübel (**122**, 104)]. Rübel führt (l. c. 154) die Dispersitätsvergröberung des ganzen Systems, die speziell zu Wärme und Trockenheit führt, geradezu auf das Ca-Ion zurück. Der Serpentin ist nun zwar im allgemeinen durchaus nicht kalkreich; wenn er trotzdem meist als dysgeogen zu bezeichnen ist, so ist dies meines Erachtens entweder in seinem physikalischen Verhalten bei der Verwitterung, das an und für sich eine grobe Dispersion schafft, möglicherweise aber auch in seinem hohen Gehalte an MgO begründet, wenn man annimmt, daß das Mg-Ion das Ca-Ion in obiger Wirkung wenigstens teilweise ersetzen könne. Daß aber Serpentin unter Umständen auch eugeogenen Boden liefern kann, steht außer Zweifel. Beck (**6**, 267) spricht ausdrücklich von der Flora eugeogener Serpentinfelsen in Mittelbosnien! Wenn Kirchhoff (**70**, 80) sagt, daß die Buche in Mittel- und Nordgriechenland nicht auf Kalk, wohl aber auf Glimmerschiefer, Flyschsandstein und Serpentin auftrete, weil diese Gesteine das Wasser besser bewahren und kühler bleiben und die Buche so das heiß-trockene Mittelmeerklima besser ertragen lassen, so kann — in letzterem Falle — offenbar nur eugeogener Serpentinboden gemeint sein! Wie Serpentin in Nordlagen oder in engen Schluchten mit hoher Luftfeuchtigkeit sich wie eugeogener Boden verhalten, wie selbst an ein und demselben Serpentinstocke die Südseite den Charakter eines dysgeogenen, die Nordseite den eines eugeogenen Substrates tragen kann, habe ich ja im ersten Teile (vgl. speziell den Kirchkogel!) eingehend dargetan. In der Regel wird man darum auch die eigentlichen bezeichnendsten Serpentinpflanzen nur in sonnigen Lagen auf dysgeogenem Serpentin zu suchen haben, was schon Pančič (**107**, 142) hervorhebt, womit jedoch nicht geleugnet werden soll, daß auch eugeogener Serpentin unter Umständen solche tragen könne. (So führt Beck, l. c. z. B. auch *Asplenium cuneifolium* vom eugeogenen Serpentin Mittelbosniens an.)

Durch die gegenseitige Beeinflussung von Boden und Pflanzenformation ist es möglich, daß selbst auf dem als so steril verrufenen Serpentin mit der Zeit geschlossener Wald, das Schlußglied der Formationen, festen Fuß fassen kann, daß dieser Boden dann nicht nur die genügsame Kiefer, sondern auch ungleich anspruchsvollere Arten, wie Fichte, Eiche oder gar die Buche, zu ernähren vermag. — Im folgenden sollen auch die physikalischen Eigenschaften jener Gesteine, die gelegentlich auch Serpentinpflanzen tragen, kurz gestreift werden. Über den Magnesit fehlen diesbezügliche Angaben in der von mir durchgesehenen Literatur vollständig. Er dürfte aber in dieser Hinsicht wohl dem Kalke und Dolomite nahestehen, d. h. vorwiegend dysgeogene Böden liefern. Der Granulit verwittert nach Ramann (**114**, 97) langsam, besonders wenn feinkörnig, und liefert magere, lehmartige Böden, die

aber doch fruchtbarer sein dürften als die Serpentinböden. Die Zerklüftung ist oft sehr stark, die Farbe hell (»Weißstein«). Nach Suess (**138**, 217) widersteht der sächsische Granulit der Verwitterung weniger als der Glimmerschiefer. Wie man sieht, also zum Teil recht divergierende Angaben! Der Quadersandstein, der, nach Ramann (**114**, 108, 214—215) in manchen Abarten schwer verwittert und magere Böden liefert, ähnelt dem Serpentin auch in der spezifischen Wärme und Wärmeleitung. Olivin (als Bestandteil des Dunit!) verwittert nach Ramann (**114**, 73) sehr leicht, was mit Rücksicht darauf, daß er einen noch höheren Gehalt an schwerlöslichem Magnesiumsilikat als der Serpentin hat, wohl einigermaßen befremdet. Granit verhält sich bei der Verwitterung, wie schon erwähnt, sehr verschieden, seine spezifische Wärme ist geringer als die des Serpentins, seine Leitfähigkeit für Wärme groß [vgl. Ramann (**114**, 304—305)]. Drude (**27**, 379) rechnet ihn schlechtweg zu den dysgeogenen Gesteinen. Dolomit — wohl meist dysgeogen — stimmt in seiner spezifischen Wärme mit dem Serpentin fast genau überein. Ob und inwieweit die genannten Gesteine den Serpentin vermöge einer mehr oder weniger weitgehenden Übereinstimmung ihrer physikalischen Eigenschaften mit den seinigen etwa vertreten können, läßt sich auf Grund obigen Vergleichsmaterials wohl kaum klar erkennen. Gerade das Studium der Serpentinflora führt die Ansicht, daß man mit der chemischen — oder mit der Mineraltheorie — oder mit der physikalischen Theorie allein das Problem der Bodenstetigkeit lösen könne, in kürzester Zeit ad absurdum. Was Drude (**28**, 198) bezüglich der Frage nach der Präponderanz der physikalischen oder chemischen Eigenschaften des Bodens, die ja stets koexistieren und sich gegenseitig beeinflussen, im allgemeinen sagt, — »daß sie entweder einer allgemeinen Beantwortung überhaupt nicht fähig und von Fall zu Fall verschieden oder aber überhaupt nicht aufzuwerfen sei« —, trifft auch hier vollkommen zu. Aber auch die Berücksichtigung der chemischen und physikalischen Faktoren reicht für die Erklärung des Auftretens, beziehungsweise Fehlens von Serpentinpflanzen vielfach nicht aus, sondern es muß neben dem edaphischen auch das klimatische Moment sowie die Konkurrenz entsprechend gewürdigt werden. Speziell bei der Serpentinflora dürfte auch in hohem Maße mit der Möglichkeit der gegenseitigen Vertretung ökologischer Faktoren zu rechnen sein. Eine solche Möglichkeit wurde ja auch schon viel früher angenommen, z. B. wenn Warming (**151**, 79) sagt: »Chemische Bodeneigenschaften scheinen durch physikalische ersetzt werden zu können,« ganz besonders aber tritt Schroeter (**129**, 129) und neuestens Rübel dafür ein. Nach letzterem können sich nicht nur edaphische Faktoren untereinander vertreten [so kann (**122**, 154) ein physikalisch lockerer Boden durch einen kalkhaltigen Tonboden ersetzt werden, wobei das Kalzium die physikalische Lockerkeit ersetzt], sondern auch klimatische Faktoren untereinander (wie Licht und Wärme, was

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Rübel (l. c. 153—154) an der Hand eines von mir seinerzeit aufgefundenen Beispieles darlegt) und endlich auch klimatische und edaphische Faktoren untereinander (l. c. 159), wie die bekannte Tatsache zeigt, daß warmer Boden auch in den nördlicheren Breiten ein warmes Klima ersetzt und thermophile Arten häufig auf solchen Böden, z. B. Kalk, ihre Nordgrenze erreichen. Wenn also Serpentinpflanzen auch auf anderen, zum Teil MgO-armen Böden ebenso auftreten und gedeihen wie auf Serpentin, so wird man, ähnlich wie dies Lundegardh (**93,** 299) für das Gedeihen der Buche auch auf kalkarmen Gesteinen annimmt, sich vorstellen müssen, daß eben dann die bodenphysikalischen und klimatischen Verhältnisse ein entsprechendes Äquivalent bilden. Rein theoretisch betrachtet erscheint es mir nicht ausgeschlossen, daß etwa ein geringer MgO-Gehalt des Bodens durch größere Trockenheit und stärkere Beleuchtung aufgewogen und umgekehrt selbst ein höherer MgO-Gehalt durch Feuchtigkeit und Beschattung unwirksam gemacht werden könne. Daß klimatische Differenzen die Bodeneigenschaften übertönen können, hebt auch Lundegardh (l. c. 297) hervor und für eine gebührende Bewertung des »Lokalklimas«, das von jenem der Umgebung oft recht beträchtlich abweicht, tritt neuestens Widder (**153,** 133) mit Nachdruck ein. Ich bin der festen Überzeugung, daß auch bei den Versuchen Sadebeck's die Licht-, Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnisse, auf die er weiter nicht geachtet und welche er wohl auch kaum konstant erhalten hat, nicht ohne Einfluß waren. Ein Versuch speziell in der Richtung, ob es auch auf feuchtem Serpentin, in feuchter Luft und bei starker Beschattung überhaupt zur Bildung von Serpentinformen kommt oder nicht, könnte da höchst wichtige Aufschlüsse liefern.

VII. Die Kryptogamenvegetation des Serpentins.

Wenn die Serpentinflora wenigstens hinsichtlich der Blütenpflanzen und Gefäßkryptogamen (Farne) noch einen bis zu einem gewissen Grade spezifischen Charakter aufweist, so gilt dies keineswegs hinsichtlich der Kryptogamen. Eine Tatsache, die überraschend genug ist und, wie ich meine, eines der stärksten Argumente gegen die rein edaphisch bedingte Auffassung der Serpentinformen, speziell gegen die chemische Theorie, bildet. Es unterliegt doch gar keinem Zweifel, daß auch der Serpentin, sobald nur an seiner Oberfläche die Verwitterung einsetzt, auch schon von Algen und Flechten besiedelt werden kann. Und obwohl diese Lithophyten inklusive der ihnen folgenden Moose infolge des Fehlens, beziehungsweise der noch höchst dürftigen Entwicklung der isolierenden Humusdecke in einem ganz besonders innigen Kontakte mit der Unterlage stehen, obwohl Flechten und Moose sonst vielfach sehr scharf auf die chemische Beschaffenheit des Substrates reagieren [vgl. Schroeter (**131,** 750, 761)], obwohl sonst gerade in der alpinen Region der Chemismus des Substrates

besonders klar zum Ausdrucke kommt [vgl. Hayek (**50**, 21, 71)], hat der Serpentin weder in tiefen noch in hohen Lagen in seiner Kryptogamenflora auch nur einen irgendwie typischen Vertreter, geschweige denn eine spezifische Serpentinform aufzuweisen! Wie soll man es sich erklären, daß z. B. gerade auf die Flechten, die doch durch ihre Ausscheidungen das Gestein aufzuschließen vermögen und dabei mit MgO-Lösungen in Berührung kommen müssen, diese keine formative Wirkung auszuüben vermögen, wohl aber auf die ihnen erst folgenden Chasmophyten, — Farne und Blütenpflanzen?! Das gleiche gilt für die Moose, für welche zudem nachgewiesen ist (vgl p. 37), daß sie auch der MgO-Speicherung fähig sind. Ist dies nicht ein neuerlicher Beweis dafür, daß die MgO-Speicherung an sich irrelevant für die Formbildung im allgemeinen ist, vielmehr nur im Vereine mit anderen Faktoren diese Wirkung herbeiführen kann? Oder soll man annehmen, daß die Kryptogamen gerade in dieser Richtung, beziehungsweise dem Serpentin gegenüber überhaupt von Natur aus nicht reaktionsfähig seien oder daß vielleicht die verschiedene Art und Menge der Lösungsprodukte im primären Verwitterungsstadium des Gesteins gegenüber jener in der Verwitterungserde daran Schuld sei? —

Algen und Pilze (ebenso Lebermoose) sah Pančič (**107**, 146) auf den von ihm untersuchten serbischen Serpentinen überhaupt nicht. Auch in der übrigen, von mir durchgesehenen Literatur fand ich solche nicht erwähnt, beziehungsweise wie eingangs betont, nicht berücksichtigt. Kurz vor Einlangen der Korrekturbogen dieser Arbeit erhielt ich durch Vermittlung Nevole's eine Arbeit von Jindřich Suza: Xerothermni Kvetena pokladu serpentinovych na dolnim toku Ichlavky, — Zvlastni otisk z casopisu moravskeho Musea zemskeho, Roč. XX, Brno 1921, — zugesendet (Text čechisch, mit kurzem deutschen Referat [Résumé] am Schlusse), welche unter anderen auch die Serpentinflora von Mohelno in Mähren schildert und dabei Algen, Flechten und Moose ziemlich ausführlich behandelt (p. 12, 13). — Von Flechten erwähnt Pančič (l. c.) nur *Endocarpum miniatum* Ach., *Variolaria lactea* Ach., *Parmelia*- und *Lecidea*-Arten. Arnold (**2**, 258) betont ausdrücklich, daß er z. B. in der Umgebung des 2543 *m* hohen Schwarzensteinsees in Tirol auf Serpentinriffen nur fünf Flechtenspezies, u. zw.: *Lecanora polytropa* Ehr., *Aspicilia alpina* Sft., *Lecidea promiscens* Nyl, *Lecidea vorticosa* (Fl.) Koerb., *Rhizocarpon geographicum* beobachten konnte. Migula (**139**, 145—146) gibt für *Caloplaca rubelliana* (Ach.) *Oliv* = *Callopisma aurantiacum* var. *rubescens* Mass. als Substrat Schiefer, Basalt, Kalk sowie Serpentin (Költschenberge) an. Ich konnte und wollte auch nicht die ganze spezielle Flechtenliteratur durchgehen, glaube aber, daß, wenn auch nur in einem Falle eine spezifische Serpentinflechte bekannt geworden wäre, diese Tatsache sicher weiteste Verbreitung gefunden hätte! Die von mir am Lärchkogel, Hochgrößen, Kirchkogel gesammelten und von Hofrat Dr. A. Zahlbruckner revidierten

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Flechten (*Caloplaca elegans* var. *tenuis* (Wahlbg.) Th. Fr., *Cetraria nivalis* (L.) Ach., *Cladonia alpestris* (L.), *Lecidea auriculata* Th. Fr., *Parmelia scortea* Ach., *P. saxatilis* (L.) Ach., *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. bevorzugen nach brieflicher Mitteilung Zahlbruckner's durchwegs Silikatunterlage, beziehungsweise *Lecidea auriculata* kommt nur auf solcher sonst vor. Eine ausgesprochene Kalkflechte ist nicht darunter. Sollten diese dem Serpentin, speziell in seinem primären Verwitterungsstadium, vielleicht überhaupt fehlen? Das von Pančič angeführte *Endocarpon miniatum* wird von Dalla Torre (Flora von Tirol, Bd. II, p. 501/2) von Kalk- und Silikatgesteinen angegeben, *Variolaria lactea* und die von Arnold angeführten fünf Spezies mit Ausnahme von *Lecidea vorticosa,* die außer auf Silikatgesteinen auch von Kalk angegeben wird (Dalla Torre, l. c. 423/4) sind aus Tirol nur von Silikatunterlage bekannt (vgl. Dalla Torre, l. c., p. 283/84, 404/5, 255, 319/20). Nach erst kürzlich eingelangter brieflicher Mitteilung Zahlbruckner's soll Stizenberger in »Lichenes helvetici« einige »spezifische« Serpentinflechten anführen. Ich konnte in diese Arbeit nicht mehr Einblick nehmen.

Auch von Leber- und Laubmoosen sind bisher keinerlei Serpentinformen, beziehungsweise auf dieses Substrat beschränkte Arten bekannt geworden, obwohl z. B. gerade hinsichtlich der Lebermoose Müller (**100**, 885 ff.) ausführt, daß sie sich, soweit sie Fels besiedeln, in zwei scharfe Gruppen: Silikat- und Kalklebermoose scheiden und viele von ihnen auf die chemische Beschaffenheit der Unterlage auch dann reagieren, wenn die physikalischen Bedingungen genau gleich erscheinen (l. c. 888). Schimper (**127**, 114) bemerkt, daß kalkarme und kalkreiche Felsen große Unterschiede in der Flechten- und Moosvegetation nach sich ziehen, während die physikalische Beschaffenheit des Substrates für die meisten Arten gleichgiltig sei. Übereinstimmend wird von erfahrenen Bryologen die Moosflora des Serpentins als eintönig bezeichnet. So sagt Glowacki (**39**, 6): »Olivinfels und Serpentin bei Kraubath bieten bryologisch nur wenig Abwechslung« und in seiner Moosflora des Bacher (**40**) führt er vom Windischfeistritzer Serpentin überhaupt keinerlei Arten speziell an. Ähnlich äußert sich Milde (**97**, 3, 4) über die Moosflora der Pfaffendorfer Serpentinhügel, daß sie keine reiche sei. Kein Wunder, daß in der Folge die Moosflora der Serpentine stark vernachlässigt wurde, obwohl sie doch wesentlich das Gesamtbild der Vegetation beeinflußt und ergänzt. Ich halte daher hier eine Zusammenstellung der mir erreichbaren, diesbezüglichen Daten nicht für überflüssig. Lebermoose: Breidler führt von solchen, auf Serpentin, an: *Scapania aequiloba* (Schwägr.) Dum., Tanzmeistergraben, 750 *m*, sonst besonders auf kalkreichen Böden, aber auch auf Schiefer (**16**, 300); nach Müller (**100**, VI/1, 479) eine ausgesprochene Kalkpflanze, Xerophyt-Mesophyt; *Lophoclea minor* Nees., Lobming, 800 bis 900 *m*, sonst auf Humus, besonders kalkhältiger Erde (**16**, 336); *Gri-*

maldia barbifrons Bisch. = *Gr. fragans* (Balbis) Corda, Kraubath, 700 *m*, sonst auf Kalk- und Kieselboden (**16**, 269), nach Müller (l. c. 261) Xerophyt; *Duvalia rupestris* Nees. = *Neesiella rupestris* (Nees.) Schiffner, Tanzmeistergraben, 750 *m*, sonst vorzüglich auf Kalk (**16**, 268); *Reboulia hemisphaerica* (L.) Raddi, Kraubath, 700 bis 800 *m*, sonst besonders auf Kalk (**16**, 268), von Müller (l. c. 256) für verschiedene Gesteine angeführt; *Riccia sorocarpa* Bisch., Kraubath, 700 *m*, sonst von Humus an Felsen (**16**, 264), nach Müller (l. c. 198) bodenvag; *Clevea hyalina* (Somm.) Lindb., Tanzmeistergraben, 750 bis 800 *m*, liebt sonst kalkhältigen Boden (**16**, 266). — Laubmoose: Pančič (**107**, 146) führt an: *Funaria hygrometrica* Hedw. [bewohnt nach Breidler (**16**, 117) die verschiedensten Gesteine], *Encalypta ciliata* Hedw. = *E. ciliata* (Hedw.) Hoffm. [nach Breidler (**16**, 109) auf Schiefer und Urgebirge]; *Grimmia apocarpa* Hedw = *Schistidium apocarpum* (L.) Br. eur. [nach Breidler (**16**, 84) und Limpricht (**87**, IV/1, 705) auf Felsen aller Art] sowie zwei nicht näher bezeichnete *Orthotrichum*-Arten. Breidler erwähnt (**15**, 48) *Dicranum Mühlenbeckii* Br. eur., Gulsen, 700 *m*, sonst auf Kieselgestein und humusbedecktem Kalk; nach Limpricht (**87**, IV/1, 356) ist die geologische Unterlage gleichgiltig, doch begünstigt Kalk das massenhafte Vorkommen; *Trichostomum crispulum* Bruch., Kraubath, 700 bis 800 *m* (**15**, 72), sonst vorzüglich auf Kalk, nach Limpricht (l. c. IV/1, 577) auf Kalk und Porphyr; *Grimmia leucophaea* Grev., bei Graun in Tirol, bis 1550 *m* (**15**, 86), sonst auf kieselreichen Gesteinen, aber nie auf Kalk.

Cohn (**17**, 158) führt *Grimmia Mühlenbeckii* Schimp. aus Schlesien von Granit, Glimmerschiefer, Gabbro und Serpentin an. Milde (**97**, 3, 4) nennt von Arten auf Serpentin: *Bartramia Oederi*, Otterstein am Glatzer Schneeberg, nach Breidler (**15**, 150) auf verschiedenen Gesteinen, vorzüglich Kalk. Von den Pfaffendorfer Serpentinhügeln gibt Milde an: *Orthotrichum anomalum* Hedw., nach Breidler (**15**, 102) vorzüglich auf Kalk; *Grimmia apocarpa* Hedw. (bodenvag; *G. pulvinata* (L.) Smith, nach Breidler (**15**, 91) vorzüglich auf Kalk; *Barbula ruralis* (L.) Ehrl., nach Breidler (**15**, 82) bodenvag; *Encalypta streptocarpa* Hedw. = *E. contorta* (Wulf) Lindb., nach Breidler (**15**, 110) auf Kalk und Kieselgestein; *Amblystegium serpens* (L.) Br. eur., nach Breidler (**15**, 198) auf verschiedenen Gesteinen; *Thuidium abietinum* (L.) Br. eur., nach Breidler (**15**, 171) an Felsen gemein; *Fissidens decipiens* de Not, nach Breidler (**15**, 57) vorzüglich auf Kalk; *Neckera complanata* (L.) Hüb., nach Breidler (**15**, 163) vorzüglich auf Kalk; *Eurynchium strigosum* (Hoffm.) Br. eur., nach Breidler (**15**, 185) auf verschiedenem Gestein; *Hypnum chlorophyllum* Brid., nach Breidler (**15**, 201) vorzüglich auf Kalk; *Antitrichia curtipendula* (L.) Brid., nach Breidler (**15**, 164) auf Kieselgestein, humusbedecktem Kalk; vom Költschen nennt Milde *Leskea nervosa* (Brid.) Myr. Coroll. Fl. ups., nach Breidler

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

(**15**, 167) auf Kalk und Kieselgestein. — Wie dieser Überblick im Vereine mit den im ersten Teile an den steirischen Serpentinen (Lärchkogel, Hochgrößen usw.) gewonnenen Erfahrungen zeigt, setzt sich auch die Moosflora des Serpentins lediglich aus Arten, die sonst sich als kalkliebend, kieselliebend oder aber bodenvag erweisen, zusammen, wobei, speziell unter den Lebermoosen ein stärkeres Hervortreten der kalkliebenden Arten auffällt.

VIII. Das Alter der Serpentinfarne.

Warming (**151**, 63) betrachtet, mit Rücksicht auf die Versuche Sadebeck's, *Asplenium cuneifolium* und *A. adulterinum* als »noch nicht gefestigte« Formen, eine Auffassung, der wir um so mehr beipflichten können, als sich der gegenseitige Umbildungsprozeß der Serpentinform in die Normalform und umgekehrt (Rückschläge von *A. cuneifolium* in *A. adiantum nigrum*, Zöblitzer Zwischenform von *A. adulterinum* und *A. viride!*) sozusagen noch vor unseren Augen vollzieht. Beide Serpentinformen können also kein hohes geologisches Alter besitzen. Die Stammformen *A. adiantum nigrum*, beziehungsweise *A. viride* waren, besonders ersteres, wohl zumindestens am Ausgange des Tertiärs, schon vorhanden. [Heufler (**55**, 326) bezeichnet *A. adiantum nigrum* »im Binnenlande als das Überbleibsel einer älteren Erdperiode, im Aussterben begriffen, weil es das kontinentale Klima nicht mehr erträgt.«]. *A. adiantum nigrum* wurde, gleich vielen anderen thermophilen Arten, durch die Vereisung nach S, SW und SO abgedrängt, von wo es, aus den Refugien, postglazial (vielleicht schon interglazial) wieder zurückkehrte. *A. cuneifolium* ist vermutlich in diesen Refugien, vielleicht am ehesten in jenem im SO, auf der Balkanhalbinsel, entstanden und schob von hier postglazial sein Verbreitungsgebiet in der Richtung nach NW vor, konnte aber den zeitlichen Vorsprung, den in dieser Hinsicht *A. adiantum nigrum* hatte, nicht mehr einholen und blieb so in seiner Nordgrenze (wozu übrigens wohl auch das Fehlen des optimalen Substrates — Serpentin — in weiten Gebieten beitrug) zurück.

Ich halte es nicht für ausgeschlossen, daß *A. cuneifolium* in den Refugien des *A. adiantum nigrum* vielleicht schon interglazial (in der relativ warmen Riß-Würm-Interglazialzeit) entstand und von seinen heutigen Standorten jene, die schon damals weitab von jeder größeren Vereisung lagen, allmählich besiedelte, so jene in Spanien, Frankreich, im Apennin, Banat, Südböhmen, Mähren, Niederösterreich, im Burgenlande, bei Kirchdorf und Windischfeistritz, wogegen jene, die in größerer Eisnähe sich befanden (wie im Erzgebirge, Fichtelgebirge, Zobten- und Altvatergebirge) oder gar vom Eise überdeckt waren (wie die heutigen Standorte bei Aberdeen, in der Schweiz, am Lärchkogel in Steiermark usw.) natürlich erst postglazial, vermutlich in der xerothermen Periode der Gschnitz-Daun-Interstadialzeit von ihm

besiedelt wurden. Ebensogut ist natürlich denkbar, daß auch die Besiedelung der oben genannten Standorte erst in diesem Zeitpunkte erfolgte (und die Entstehung der Serpentinform erst postglazial anzusetzen ist), wofür insbesondere der Umstand zu sprechen scheint, daß *A. cuneifolium* recht häufig zusammen mit xerothermen, beziehungsweise thermophilen Arten auftritt, wie insbesondere mit der mediterranen *Notholaena Marantae* [so bei Kraubath, im Gurhofgraben (**65**, 62—64), bei Mohelno (**49**, 245), in Bosnien (**6**, 267), Serbien (**107**, 145)], mit dem westeuropäischen *Sedum micranthum* und dem illyrischen *Myosotis suaveolens* [Gurhofgraben (**49**, 102)]; mit *Silene Otites, Armeria elongata, Dianthus tenuifolius* u. a. auf den steirischen Serpentinen, wobei wohl anzunehmen ist, daß diese Arten mehr oder weniger gleichzeitig, als Pflanzengemeinschaft, die genannten Standorte besiedelten. *Asplenium adulterinum* ist wohl von *A. viride* ungefähr in dem gleichen Zeitpunkte wie *A. cuneifolium* von *A. adiantum nigrum* abgezweigt, aber, da ja die Stammform selbst keine thermophile Art ist und sich in größerer Nähe der Vereisung halten konnte, vermutlich in einem nicht sehr weit abseits gelegenen Gebiete, vielleicht am Ost- und Nordrande der Alpen oder in den Sudeten. Es mag dahingestellt bleiben, ob *A. cuneifolium* und *A. adulterinum* von Serpentin allein ihren Ausgangspunkt nahmen, oder aber, wie ihre tertiären Stammformen, vielleicht in mehr minder hohem Grade anfangs bodenvag waren, die Fähigkeit, verschiedene Gesteinsarten zu besiedeln, dann in Zeiten klimatischer Verschlechterung (Würmzeit oder Daunstadium) in weitgehendem Maße einbüßten und schließlich sich nur mehr auf wenigen derselben, in optimaler Entwicklung vor allem auf Serpentin, zu halten vermochten. Es ist jedenfalls sehr bemerkenswert, daß, ebenso wie auf Kalk viele thermophile Arten ihre Nordgrenze erreichen [so *Fraxinus Ornus*, nach Hayek (**49**, 18) oder nach Blytt viele Arten in Norwegen, die ihre Nord- und Höhengrenze dort auf Kalk erreichen, vergleiche Warming (**152**, 83]), so wieder andere auf Serpentin, wie zum Beispiel *Notholaena Marantae* bei Spalený mlýn nächst Pernstein in Mähren, das mit 49° 15′ noch nördlicher als der Standort Mohelno liegt [vgl. Luerssen (**91**, CCLI)],[1] während der Farn im Zentrum seiner Verbreitung fast bodenvag ist und auf Kalk (Kroatien), Porphyr (Bozen), Melaphyr (Bosnien), Serpentin (Bosnien) vorkommt [vgl. Luerssen (**92**, 71) und Ascherson-Graebner (3, 91)]. Daß auch *Asplenium cuneifolium* seine absolute Nordgrenze ausschließlich auf Serpentin erreicht, wurde schon erwähnt.

Auch für *A. adulterinum* kann dies, wenigstens soweit es sich um sein geselliges Vorkommen und optimales Gedeihen an der Nordgrenze handelt, behauptet werden, da es sich ja bei den gegenteiligen Standorten (Dohna, Schandau!) nur um ein ver-

[1] Suza bezeichnet indessen (l. c. p. 8) diese Angabe (Pernstein) als unsicher und höchst unwahrscheinlich.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

einzeltes Auftreten der Art handelt. Die Bewertung der Serpentinfarne wäre demnach etwa dahin zu erstellen, daß es sich bei ihnen um einen Spezialfall thermophiler Pflanzen handelt, für die nicht nur an der Nordgrenze ihrer Verbreitung, sondern innerhalb ihres ganzen heutigen Areales nur einige wenige Gesteine die Möglichkeit der Erhaltung bilden, unter denen der Serpentin (hinsichtlich seiner edaphischen Verhältnisse und bei Koexistenz gewisser Faktoren) am meisten die Bedingungen für ihr optimales Gedeihen zu verwirklichen vermag. — Ein höheres Alter als die beiden Serpentinfarne hat wohl *Sempervivum Pittonii* vom Kraubather Serpentin, von dem es schon Hayek (**50**, 139) dahingestellt läßt, ob es nicht möglicherweise ein tertiäres Relikt sei, obwohl er an anderer Stelle (**50**, 162), wenigstens für seine dortigen Begleiter, erst eine Einwanderung in der xerothermen Periode für möglich hält. Oder ist es vielleicht die Serpentinform zu einer inzwischen ausgestorbenen tertiären Stammform? —

Möge es mir mit den im zweiten Teile dieser Arbeit niedergelegten Ausführungen gelungen sein, die Überschätzung unseres Wissens in bezug auf das ökologische Problem: Serpentinpflanzen — auf das richtige Maß zurückgeführt und immerhin einige neue Gesichtspunkte aufgezeigt zu haben, die zur endgiltigen Klärung dieses ungewöhnlich verwickelten Fragenkomplexes, dessen Lösung die Kräfte eines einzelnen weit übersteigt, wenigstens einiges beizutragen vermögen!

IX. Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

1. Es gibt wahrscheinlich überhaupt keine streng »serpentinsteten« Pflanzen, weder unter den Kryptogamen (inklusive der Gefäßkryptogamen) noch unter den Phanerogamen.

2. Die MgO-Speicherung an sich kann nicht die Ursache der formativen Abänderung der »Serpentinpflanzen« sein.

3. Serpentinform und Normalform können, müssen aber nicht sich lokal ausschließen.

4. Kalkpflanzen scheinen im allgemeinen zur Bildung von Serpentinformen eher zu neigen als Kieselpflanzen oder bodenvage Arten.

5. Serpentin kann sich bald wie ein dysgeogenes, bald wie ein eugeogenes Substrat verhalten.

6. Das Fehlen von Serpentinpflanzen auf mehreren Serpentinstöcken, z. B. Steiermarks (und wohl auch anderwärts), hängt mit der Eigenart des Lokalklimas zusammen. Die Annahme einer rein edaphischen Bedingtheit der Serpentinpflanzen erscheint damit hinfällig.[1]

[1] Ich stehe nicht an, nachträglich festzustellen, daß der Einfluß klimatischer Faktoren, wie insbesonders auch jener der Exposition auf die Flora der Serpentinböden schon in der mir leider zu spät bekannt gewordenen Arbeit Suza's (siehe Résume p. 33, 34) einigermaßen gewürdigt wird.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

7. Vertretungen von edaphischen und klimatischen Faktoren untereinander spielen wahrscheinlich in der Ökologie gerade der Serpentinpflanzen eine bedeutsame Rolle.

8. *Asplenium cuneifolium* und *A. adulterinum* werden als relativ thermophile Formen aufgefaßt, deren Entstehung frühestens in die postglaziale (eventuell interglaziale) Periode anzusetzen ist.

X. Literaturverzeichnis.

Das (für beide Teile der Arbeit gemeinsame) Verzeichnis der benützten Literatur), das schon dem I. Teile beigegeben ist, entfällt hier im II. Teile über ausdrücklichen Wunsch der Akademie der Wissenschaften.

Inhaltsangabe.

		Seite
I.	Die »Bodenstetigkeit« der Serpentinpflanzen	25
II.	Kann man die »Serpentinpflanzen« als »Magnesiapflanzen« bezeichnen?	32
III.	Serpentinform und Normalform	39
IV.	Die Flora des Serpentins verglichen mit jener des Dolomits, der Bittersalz- und Galmeiböden.	48
V	Morphologische und biologische Abänderungen der Serpentinpflanzen gegenüber den Normalformen sowie gegenüber der Kalkflora	51
VI.	Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Serpentinbodens	56
VII.	Die Kryptogamenvegetation des Serpentins.....	62
VIII.	Das Alter der Serpentinfarne	66
IX.	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	68